



Analytische

Plankton-Studien.

Ziele, Methoden und Anfangs-Resultate

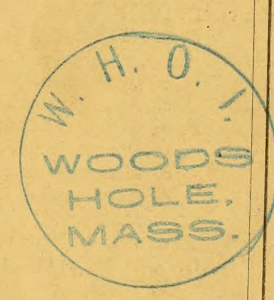
der

quantitativ-analytischen Planktonforschung.

Von

Dr. Franz Schütt

Privatdozent in Kiel.



Kiel und Leipzig.

Verlag von Lipsius & Tischer.

1892.

Im Herbst dieses Jahres beginnt zu erscheinen:

Ergebnisse
der
in dem Atlantischen Ocean
von Mitte Juli bis Anfang November 1889
ausgeführten

Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung.

Auf Grund von

gemeinschaftlichen Untersuchungen einer Reihe von Fach-Forschern

herausgegeben von

Victor Hensen,
Professor der Physiologie in Kiel.

Auf dieses für die Wissenschaft hochbedeutsame Werk erlaubt sich hierdurch die unterzeichnete Verlagsbuchhandlung aufmerksam zu machen.

In nachfolgender Weise, aber ohne Innehaltung der gewählten Reihenfolge, werden die Ergebnisse dieses Werkes, dessen Bände und Abtheilungen einzeln käuflich sind, veröffentlicht werden.

Bd. I. A. Reisebeschreibung nebst Anfügungen einiger Ergebnisse der Untersuchungen.
B. Methodik der Untersuchungen.
C. Resultate der physikalischen Beobachtungen.

Bd. II. D. Die Fische.
E. a. Thaliaceen, Verbreitung und geographische Vertheilung.
b. Pyrosomen.
c. Appendicularien.
F. a. Cephalopoden.
b. Pteropoden.
c. Heteropoden.
d. Gastropoden mit Ausschluss der Heteropoden und Pteropoden.
e. Acephalen.
G. a. Halobatiden und Halacarinen.
b. Dekapoden und Schizopoden.
c. Stomatopoden und Isopoden.
d. Ostracoden und Phyllopoden.
e. Amphipoden.
f. Copepoden.
H. a. Rotatorien.
b. Alciopiden und Tomopteriden.
c. Pelagische Polychaeten mit Ausschluss der Obigen.
d. Sagitten.
e. Turbellarien, Haplodicen.
J. Echinodermenlarven.
K. a. Ctenophoren.
b. Siphonophoren.
c. Craspedote Medusen und Hydroidpolypen.
d. Akalephen.
e. Anthozoen.

Bd. III. L. a. Tintinnen.
b. Holotriche und peritriche Infusorien, Acineten.
c. Foraminiferen.
d. Thalassicollen, koloniebildende Radiolarien.
e. Spumellarien.
f. Akantharien.
g. Monopylarien.
h. Tripylarien.
i. Taxopoden und neue Protozoen-Abtheilungen.

Bd. IV. M. a. Peridineen.
b. Dictyocheen.
c. Pyrocysteen.
d. Bacillariaceen.
e. Halosphaereen.
f. Schizophyceen.
g. Schizomyceten.
N. Cysten, Eier und Larven.

Bd. V. O. Uebersicht und Resultate der quantitativen Untersuchungen.
P. Oceanographie des atlant. Oceans.
Q. Gesammt-Register.

Behufs näherer Orientirung steht seitens der Verlagsbuchhandlung ein **umfassender Prospectus** gratis und postfrei zu Diensten.

Kiel und Leipzig, im Juli 1892.

Lipsius & Tischer,
Verlagsbuchhandlung.

Analytische

Plankton-Studien.

Ziele, Methoden und Anfangs-Resultate

der

quantitativ-analytischen Planktonforschung.

Von

Dr. Franz Schütt

Privatdozent in Kiel.



Kiel und Leipzig.

Verlag von Lipsius & Tischer.

1892.

Vorwort.

Um das Studium der in der Hochsee lebenden Organismen hat sich ein heftiger Streit erhoben. Jahrzehnte lang ging die Forschung im gewohnten Geleise ihren ruhigen, gleichmässigen Gang, da trat Hensen mit Methoden auf, welche die Meeresbiologie der exakt-messenden und -zählenden Behandlung zugänglich machen sollten. Sein Verfahren weicht von allen bisher in der Biologie des Meeres gebräuchlichen Methoden sehr stark ab, es erfordert sehr viel Arbeitskraft, aber bei seiner Anwendung werden dafür auch ganz neue Wege der Forschung eröffnet und ganz neue, weitergehende Ziele, denen die Wissenschaft nun zustreben kann, werden sichtbar.

Hensen tritt dabei durchaus nicht feindlich gegen die alten Methoden der Forschung auf; alles, was bisher bestand, bleibt in seinen Rechten, aber es erhält jetzt jeder die Möglichkeit, die vielbefahrenen Geleise zu verlassen und neben den alten auch auf den neuen Wegen vorzudringen. Wie jedoch häufig gegen diejenigen die schärfsten Angriffe laut werden, die es wagen, neue Wege zu bahnen, so erhob sich auch in diesem Falle aus den Reihen derer, die den alten, gewohnten Weg nicht verlassen wollen, gegen die Neuerungen ein Widerspruch, der an Heftigkeit nichts zu wünschen übrig liess. Die Angriffe wurden widerlegt, Gegenangriffe wurden laut, und so spielt sich ein in der Geschichte der Wissenschaft nicht mehr neuer Vorgang des Hin- und Herschwankens der Meinung beim Auftreten grosser Neuerungen ab; ein Vorgang, der die ruhige Fortentwicklung der neuen Ideen zwar anfangs zu stören und die Wissenschaft dadurch zu schädigen scheint, dass er Arbeitskräfte absorbirt, die besser produktiv verwandt werden könnten, der aber in gewissem Sinne doch nützlich ist, weil er den Amalgamirungsprocess des Alten und Neuen beschleunigt, ähnlich wie das Durcheinanderschütteln zwei

Flüssigkeiten schneller in eine homogene, klare Lösung verwandelt, als dies bei vorsichtigem Übereinanderschichten derselben möglich gewesen wäre.

Aus den Angriffen, und gerade aus den heftigsten besonders deutlich, erkennt der mit der Sache speciell Vertraute, dass das Wesen der neuen Hensen'schen Methode, das Ziel, der Zweck und die Ausübung derselben, den Angreifern nur recht ungenügend bekannt waren, resp. vollkommen von ihnen verkannt worden sind. Dies veranlasste mich, an meine Untersuchung der Massenverhältnisse des Hochseeplanktons nach den altlantischen Fängen der Planktonexpedition und nach meinen eigenen im Golf von Neapel ausgeführten Planktonfängen, welche die Grundlage der vorliegenden Studien bildet, eine Betrachtung der Ziele und der Methoden der Hensen'schen Neuerungen anzuschliessen, in der Hoffnung, dadurch etwas zur Klärung der Sachlage beizutragen, obwohl ich mir bewusst bin, dass ich die Frage damit noch keineswegs erschöpft habe. Persönliche Polemik, so nahe sie auch liegen mochte, habe ich bei diesen Studien vermieden, und mich auf rein sachliche Gründe und mit Zahlen belegbares Beweismaterial beschränkt.

Die vorliegende Behandlung gelangte zum ersten Abdruck in der dem Meeresstudium speciell gewidmeten, in Venedig erscheinenden Zeitschrift „Neptunia". Als Folge der durch die grosse Entfernung zwischen dem nur italienisch sprechenden Drucker und dem deutschen Korrektor bedingten Schwierigkeit der Revisionsverhältnisse schlichen sich leider eine Anzahl störender Fehler in den Text ein, für die ich den Leser um gütige Nachsicht bitten muss. Nach Möglichkeit sind dieselben noch nachträglich korrigirt worden, und zwar zum Theil im Text selbst, zum Theil durch eine angehängte Fehlerberichtigung.

Kiel, im April 1892.

F. Schütt.

Inhalt.

Fehlerberichtigung.

Es ist zu setzen:

p. 1_{3} zugewandt statt zugegewandt;
p. 3_{7} Vettor statt Vittor;
p. 8_{25} Hensens statt Hensen;
p. 14_{10} Verfahren statt Varfahren;
p. 36_{11} senkrecht statt senkreckt;
p. 38_{9} verschiedenen statt vorschiedenen;
p. 47_{12} konnten statt honnten;
p. 52_{26} keine statt heine;
p. 56_{23} werden statt werde;
p. 57_{27} den statt der;
p. 58_{26} (Tabelle 13) statt Tabelle;
p. 59_{1} dem statt den;
p. 64_{20} Labrador statt Laarador;
p. 64_{25} laufende statt laufeude;
p. 64_{30} geringen statt geringer;
p. 67_{17} ich statt sich;
p. 82 Rhopalonema statt Rhopalomena;
p. 96_{26} Chaetoceros statt Chaetocesos;
p. 102_{2} erreicht statt erzeicht;
p. 104_{3} Plankton statt Ptankton;
p. 104_{15} gleichheit statt gleichkeit;
p. 105_{3} des statt das;
p. 105_{24} kommens statt kommes;
p. 110_{31} mengen vor zu;
Tabelle 13 Zeile 1 von statt vom;
Tabelle 15 Zeile 19 Lücken statt Lüken;
Tabelle 15 Zeile 21 vom statt von.

Litteratur.

1. **Report** on the scientific Results of the Voyage of H. M. S. Challenger during 1873—76.
2. **Hensen**, V., Ueber das Vorkommen und die Menge der Eier einiger Ostseefische. IV. Ber. der Commission z. w. Unters. d. d. Meere. Kiel 1877—81. Berlin 1884.
3. **Boguslawski**, G. v., und **Krümmel**, O., Handbuch der Oceanographie. Stuttgart 1884—87.
4. **Gaetano Cherchia**, Collezioni per Studi di Scienze Naturali, fatte nel Viaggio intorno al mondo dalla R. Corvetta „Vettor Pisani" (anni 1882—85). 1885.
5. **Brandt**, K., Die Coloniebildenden Radiolarien des Golfs von Neapel. Fauna und Flora des Golfs von Neapel. Berlin 1885.
6. **Perrier**, Les explorations sous-marines. Paris 1886.
7. **Hensen**, Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Thieren. V. Bericht der Commission zur wissenschaftlichen Unters. d. d. Meere. Kiel 1887.
8. **Marshall**, William, Die Tiefsee und ihr Leben. Leipzig 1888.
9. **Chun**, C., Die pelagische Thierwelt in grossen Meerestiefen. Bibliotheca zoologica 1888.
10. **Heincke**, Fr., Die Untersuchungen von Hensen über die Production des Meeres an belebter Substanz. Mittheilung der Section für Küsten- und Hochseefischerei. 1889 p. 35.
11. **Monaco**, le Prince Albert de, Recherche des animaux marins. Compte rendu des séances du congrés international de Zoologie. Paris 1889.
12. **Monaco**, le Prince Albert de, Sur un appareil nouveau pour la recherche des organismes pélagique à des profondeurs déterminées. Compte rendu d. séances de la Société de Biologie 1889.
13. **Hoyle**, On a deep sea tow-net for opening and shutting under water. Proceed. of the Liverpool Biol. Soc. 1889 p. 100—111.
14. **Krümmel**, Die Plankton-Expedition im Sommer 1889. Verh. d. G. f. Erdk. Berl. 1889.
15. **Brandt**, K., Ueber die biologischen Untersuchungen der Plankton-Expedition. Verhandlungen d. Ges. f. Erdk. Berlin 1889.
16. **Hensen**, Das Plankton der östlichen Ostsee und des Stettiner Haffs. VI. Bericht d. Commiss. z. wissenschaftl. Unters. d. d. Meere. Kiel 1890.
17. **Bois-Reymond**, E. du., Bericht über die Wirksamkeit der Humboldt-Stiftung für Naturforschung und Reisen. Sitzungsberichte der K. P. Akademie der Wissensch. Berlin 1890.
18. **Hensen**, Einige Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Sitzungsberichte d. K. P. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 1890 p. 243—253.
19. **Krümmel**, O., Vertheilung des Salzgehaltes an der Oberfläche des Nordatlantischen Oceans. Petermanns Mittheilungen 1890 p. 174—76.
20. **Marenzeller**, E. v. und **Grobben**, C., Vorläufiger Bericht über die zoologischen Arbeiten der Tiefsee-Expedition. Akademischer Anzeiger Nr. 19, K. Akademie d. Wissensch. in Wien 1890.
21. **Haeckel**, Ernst, Plankton-Studien. Jena 1890.
22. **Brandt**, K., Haeckels Ansichten über die Plankton-Expedition. Kiel 1891 und Schriften d. Naturw. Vereins f. Schleswig-Holstein VIII.
23. **Hensen**, Victor, Die Plankton-Expedition und Haeckels Darwinismus. Kiel 1891.
24. **Krümmel**, O., Die nordatlantische Sargassosee. Petermanns Mittheilungen 1891, p. 129—141.
25. **Maas**, Otto, Die craspedoten Medusen der Plankton-Expedition. Sitzungsberichte d. K. P. Akad. d. Wissensch. 1891.
26. **Apstein**, C., Ueber die quantitative Bestimmung des Plankton im Süsswasser in „Zacharias, Das Tier und Pflanzenleben des Süsswassers". (Erschienen während des Druckes der Studien.)
27. **Apstein**, C., Das Plankton des Süsswassers. Schrift. d. naturw. Vereins f. Schleswig-Holstein Bd. IX Heft II. 1892. (Erschienen nach Druck des Textes der Studien.)
28. **Agassiz**, A., General Sketch of the Expedition of the „Albatross" from February to May 1891. Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College vol. XXIII. Cambridge U. S. A. 1892. (Diese wichtige Arbeit erschien erst nach dem Druck der An. Plankton-Studien und konnte darum leider nicht mehr berücksichtigt werden.)
29. **Dahl**, Fr., Die Copilia-Arten. Zool. Jahrb. Abth. f. Syst. Bd. VI. (In Vorbereitung.)
30. **Schütt**, F., Pflanzenleben der Hochsee in „Ergebnisse der Plankton-Expedition" Bd. I. A. Reisebericht. (Im Erscheinen begriffen.)

Weitere Litteraturangaben befinden sich in den unter Nr. 8, 21, 23, 26 citirten Werken.

I. ZIELE.

Küsten-und Hochseestudium.

Die wissenschaftliche Zoologie hat sich in den letzten Jahrzehnten vorzugsweise dem Studium der Meeresorganismen zugegewandt. Um die Schätze des Meeres der Untersuchung leichter zugänglich zu machen, wurden an verschiedenen Küsten zoologische Stationen gegründet, mit deren Hülfe sich das Studium der Meeresthiere zu einer früher ungeahnten Höhe emporgeschwungen hat. Seit Beginn dieser neuen Forschungsepoche sind nicht nur zahlreiche neue Formen aufgefunden und in das System eingereiht worden, sondern auch nach ihrem Bau und ihrer Entwicklungsgeschichte genau studirt worden, und für viele haben wir auch über ihre biologischen Verhältnisse Aufklärung erhalten. Für unabsehbare Zeiten werden die an den Küsten gefangenen Organismen noch werthvollstes Material für wissenschaftliche Untersuchungen liefern, und demgemäss werden die zoologischen Stationen, da ein grosser Theil der Fragen sich eben nur mit ihrer Hülfe lösen lässt, immer die Basis für die zoologischen Forschungen bleiben.

In der Natur der Sache liegt es aber begründet, dass das Studium der Küstenorganismen nicht alle Fragen des einschlägigen Forschungsgebietes lösen kann. Bezüglich derjenigen Formen, die nur auf hoher See, nicht aber an den Küsten gefunden werden, ist dies von vornherein klar. Für diese Organismen genügt das Studium an den Küsten natürlich nicht, aber selbst für die an den Küsten vorkommenden Formen müssen wir uns noch nach weiteren Hülfsmitteln umsehen, da sehr wichtige Fragen, wie die nach der geographischen Verbreitung, nur auf hoher See selbst gelöst werden können.

Diesem Zweck dienen die Hochseeexpeditionen. Von den verschiedensten Staaten sind deshalb auch schon Expeditionen ausgerüstet worden, welche diesem Zweck ausschliesslich oder doch theilweise dienen sollten. Besonders sind es die grossartige Challenger-Expedition und die Vettor-Pisani-Expedition, welche unsere Kenntnisse in dieser Beziehung ausserordentlich bereichert haben.

Natürlich reichen selbst so grosse Expeditionen wie die *Challengerexpedition* nicht aus, um ein endgültiges abschliessendes Urtheil über alle bezüglichen Fragen zu fällen. Es sind z. B. noch zahlreiche Kreuz-und Querzüge durch den Ocean nöthig, um auch nur die Grenzen der einzelnen schon bekannten Species einigermassen genau festzustellen. Dieses Fortschreiten auf der von den Vordermännern einmal eingeschlagenen Bahn ist um so nothwendiger, weil eine Expedition, auch wenn sie noch so bedeutend ist, nicht zugleich alle möglichen Fragen in Angriff nehmen und lösen kann. Es muss auch hier eine Arbeitstheilung eintreten. So hatte z. B. die Challengerexpedition sich die Aufgabe gestellt, in erster Linie die Tiefsee zu erforschen, und sie hat in dieser Beziehung Grossartiges geleistet. Daneben hat sie auch nach Kräften Oberflächenorganismen gefangen. Beim Fang dieser freischwimmenden Organismen hat sich dieselbe allerdings wesentlich auf die makroskopischen und halb-makroskopischen (mesoskopischen will ich mal sagen) Organismen beschränkt.

Auf den systematischen Fang der mikroskopischen Planktonorganismen haben sich die Forscher der Challengerexpedition nicht eingelassen, und niemand wird ihnen daraus einen Vorwurf machen können, dass sie noch eine Menge Fragen der Zukunft zu lösen übrig liessen.

Die Plankton-Expedition ergänzt die Challenger-und Vittor-Pisani-Expedition in mehr als einer Richtung, erstens in systematischer Beziehung, indem sie eine Menge noch unbekannter Formen entdeckte, dann in geographischer Hinsicht, indem sie einen anderen Kurs nahm als die früheren Expeditionen, und dadurch ermöglichte, selbst bezüglich der von den vorigen Expeditionen gefangenen Organismen die geographische Abgrenzung bedeutend zu vervollständigen, besonders aber, indem sie sich gerade in *der* Richtung specialisirte, welche von der Challengerexpedition weniger in Angriff genommen wurde. Während die Challengerexpedition hauptsächlich Tiefseethiere aufsuchte, wandte sich die Planktonexpedition wesentlich den freischwebenden Organismen (dem Plankton) zu, und zwar richtete sie ihr Hauptaugenmerk gerade auf die von der Challengerexpedition weniger berücksichtigten mikroskopischen Formen. Es ist also in dieser Richtung von der Planktonexpedition eine sehr wichtige Ergänzung der früheren Unternehmungen zu erhoffen.

Von den Resultaten der Planktonexpedition in dieser Beziehung ist zwar noch nichts publicirt; wer jedoch den grossen Reichtum an mitgebrachtem Material, dessen Bearbeitung natürlich jahrelange Arbeit erfordert, kennt, der hat auch die feste Zuversicht, dass die Planktonexpedition diese Ergänzungen sicher liefern wird, und dass sie ihre volle Existenzberechtigung hätte, wenn sie auch weiter nichts brächte, als die qualitative Verarbeitung der mitgebrachten Schätze; und mehr noch, dass sie damit auch das Recht hätte, den anderen grossen Expeditionen sich ebenbürtig an die Seite zu stellen.

Mit den angedeuteten Punkten sind jedoch noch nicht alle Fragen, die wesentlich nur von Hochseeexpeditionen

gelöst werden können, erwähnt. Wohl alle seefahrenden Naturforscher haben das Bedürfniss gefühlt, die Fragestellung an die Natur über die angedeuteten Grenzen hinaus zu erweitern.

Berücksichtigung der Massenverhältnisse. Unsicherheit der subjectiven Schätzungen.

Ich denke hier namentlich an die Frage nach der Massenhaftigkeit des Auftretens der Organismen. Alle Forscher fühlten, dass es nicht genüge zu wissen, welche Species es gäbe, und wo sie vorkämen, sondern dass es auch von Interesse sei, zu erfahren, ob diese Formen massenhaft oder weniger häufig vorkämen. Sie notirten daher alle solche Fälle, welche ihnen als besonders merkenswürdig erschienen; zu einer consequenten, klaren Fragestellung kam es jedoch nicht, weil die Mittel, sie zu lösen, zu weit ablagen. Immerhin lässt sich der Wunsch nach quantitativen Angaben bei den mit allgemeineren Interessen begabten Forschern nicht verkennen. Aber leider war es nicht möglich für solche Angaben ein anderes als ein rein subjektives Maass, die Schätzung des Beobachters, zu finden, und in Folge dessen sind die Angaben so sehr von dem Beobachter abhängig, dass sie nur mit äusserster Vorsicht zu gebrauchen sind, und namentlich jede Vergleichung mit den Angaben anderer Beobachter ausschliessen, denn es entbehren solche subjektiven Angaben eines einheitlichen Maasstabes, der für die Vergleichung absolut nothwendig ist.

Dazu kommt dann noch, dass solche Angaben sich meistens auf die augenfälligsten Verhältnisse beziehen; dieses sind aber gewöhnlich die Ausnahmen.

Bis vor kurzem kannte man über die Massenverhältnisse der Meeresorganismen nur diese trügerischen, subjektiven Äusserungen der Beobachter. Es war darum auch bisher noch nicht möglich ein einigermassen zuverlässiges Bild über das Meeresleben aufzustellen, etwa in der Weise, wie es Grisebach in seiner « Vegetation der Erde » für die Landpflanzen gethan

hat. Ein Vergleich mit den terrestrischen Verhältnissen wird dieses noch klarer machen. Wenn man von den Landpflanzen eine gewisse Anzahl Species, einige Standorte, aber noch nicht einmal einigermassen genügend ihre geographische Verbreitung kennte, so würde es als ein verwegenes Beginnen erscheinen, daraufhin ein Vegetationsbild der Erde zu entwerfen. Es gehört eben mehr zu einem Vegetationsbilde als bloss die Kenntniss der Species und einiger Standorte. Mehr kennt man aber von den Pflanzen der Hochsee noch nicht. Ja für die wichtigsten, weil die Hauptmasse ausmachenden Pflanzen, die mikroskopischen, kennt man noch nicht einmal die allerersten Grundlagen eines Vegetationsbildes: die Species und ihre Standorte.

Es ist aber nicht nur wichtig für die makroskopischen Organismen, für welche wenigstens theilweise Schätzungen, wenn auch unrichtige, vorliegen, sondern auch für die mikroskopischen Organismen ist es nöthig die Massenverhältnisse kennen zu lernen, wenn man ein Vegetationsbild des Meeres aufstellen will, und zwar ist es nicht nur nöthig die Gesammtmassen, sondern auch die Massen der einzelnen Species zu berücksichtigen. Die Nothwendigkeit dieser Forderung wird zwar noch von mancher Seite geleugnet, der weitere Vergleich mit den entsprechenden Verhältnissen der Landpflanzen wird dieses jedoch augenscheinlicher machen. Gesetzt, man habe von zwei Landpflanzen das Verbreitungsgebiet ermittelt, und habe gefunden, dass die eine überall, kosmopolitisch, vorkomme, die andere dagegen ein local sehr beschränktes Verbreitungsgebiet habe. Dann würde man, wenn man weiter nichts von ihnen weiss, noch gar keinen Schluss ziehen können auf den Einfluss derselben auf das Vegetationsbild des Landes. Und wenn man dennoch einen Schluss ziehen wollte, so müsste man der weiter verbreiteten einen grösseren Werth für die Gesammtheit beilegen als der zweiten, und doch kann die erste ein kleines unbedeutendes Pflänzchen sein, das für den Haushalt der Natur von ganz untergeordneter Bedeutung ist,

während die zweite eine ganz enorme Wichtigkeit haben kann, weil sie dort, wo sie auftritt, vielleicht in so grossen Massen vorkommt, dass sie die ganze Vegetation beherrscht. Wer würde, um nur ein Beispiel zu erwähnen, nicht dem mit sehr beschränktem Verbreitungsgebiet versehenen Reis eine unendlich viel grössere Bedeutung beilegen als einer kleinen kosmopolitischen Süsswasserdiatomee z. B. einer der vielen Naviculaspecies.

Quantitative Untersuchung.

Es ist also die Erforschung der quantitativen Verhältnisse der einzelnen Species von der allergrössten, ja entscheidenden Wichtigkeit für die Aufstellung eines Vegetationsbildes.

Für die Meeresorganismen ist es noch viel nothwendiger als für die Landpflanzen auf die subjectiven Schätzungen zu verzichten und objective Maasse einzuführen, weil hier die Schätzungen noch viel schwieriger sind, und leichter zu Täuschungen führen. Die Landpflanzen sind wenigstens ihrer grossen Masse nach makroskopisch und gerade die für ein zusammenfassendes Vegetationsbild wichtigen Pflanzen können mit blossem Auge in ihren Massenbeziehungen sehr wohl überschaut werden, und selbst die Massenverhältnisse der einzelnen Species können wenigstens mit einem gewissen Annäherungsgrad richtig abgeschätzt werden. Ganz anders ist dies für die Meerespflanzen, wenigstens die der Hochsee. Mit wenigen Ausnahmen sind sie mit blossem Auge überhaupt nicht zu sehen, an ein Abschätzen der einzelnen Formen bezüglich ihres Werthes für die Vegetation ist darum auch gar nicht zu denken. Man muss schon eine grössere Quantität Meerwasser abfiltriren, um sie überhaupt zu Gesicht zu bekommen. Dabei tritt uns aber schon die Grundbedingung zur Lösung der quantitativen Frage entgegen. Wenn wir auch nur die allereinfachsten Schlüsse über die Vegetationsverhältnisse, so

weit sie von Massenverhältnissen abhängig sind, machen wollen, so ist es von vornherein nothwendig, dass wir uns informiren, wie viel Meerwasser abfiltrirt worden ist, um die gewonnenen Massen zu erhalten. Wenn das eine Mal viel, das andere Mal wenig abfiltrirt wurde, so sind, wenn keine genaueren Angaben über die Wassermengen vorliegen, natürlich die gewonnenen Planktonmassen nicht miteinander zu vergleichen, weil die Herstellung vergleichbarer Vorbedingungen, nicht ausser Acht gelassen werden darf.

Totalanalyse und Specialanalyse.

Es ist behauptet worden, dass, wenn man doch einmal durchaus quantitative Versuche anstellen wolle, die Totalbestimmung der Planktonmassen, sei es dem Gewicht sei es dem Volumen nach, genüge. Eine ganz einfache Ueberlegung lehrt jedoch die Unrichtigkeit dieses Schlusses. Gewiss lassen sich ganz bestimmte Fragen der Planktonforschung auch mit Hülfe von Totalbestimmungen der Masse feststellen. Der letzte Theil dieser Arbeit wird Beispiele hierfür geben, und wird ferner zeigen, dass dieser einfachste Theil der quantitativen Bestimmungen schon einen ausserordentlich grossen Fortschritt gegenüber den bislang allein möglichen subjectiven Schätzungen kennzeichnet. Es lassen sich jedoch nur wenige Fragen mit Hülfe dieser Bestimmungen lösen, und gerade für die wichtigsten reichen dieselben nicht aus. Ist es doch nicht einmal möglich die Grundfrage der allgemeinen Meeresbiologie, das Verhältniss der pflanzlichen zur thierischen Masse auf diese Weise zu bestimmen.

Die wichtigste Frage der Planktonforschung ist die nach der Productionskraft des Meeres. Dafür sind aber gerade die Pflanzen wesentlich, denn nur sie produciren organische Substanz, während die Thiere nur consumiren. Die Menge der Thiere, welche existiren, und welche existiren können, ist wesentlich abhängig von der Menge der Planzen.

Um zu erfahren, in welcher Weise das Gleichgewicht zwischen den Mengen der einzelnen Organismen zu stande kommt, müssen wir in erster Linie das Verhältniss der Thiere zu den Pflanzen kennen. Dieses ist aber *nicht* zu erreichen durch Totalbestimmung des Planktons, denn darin sind Thiere und Pflanzen gleichzeitig nebeneinander bestimmt; wenn man aber auch nur die Gesammtmasse der Pflanzen, ganz abgesehen von weiteren Specialfragen, bestimmen will, so ist dieses, weil die Pflanzen durchweg mikroskopisch klein sind, nicht anders möglich, als dass man die Masse jeder einzelnen Species mit Hülfe des Mikroskopes durch Zählen der Individuen und Messen eines Individuums bestimmt, und daraus durch Rechnung die Gesammtmasse der Pflanzen findet.

Aus diesen verschiedenen Erwägungen geht hervor, dass es nothwendig ist, die früher gebräuchliche Fragestellung bei der Meeresuntersuchung zu erweitern, es handelt sich jetzt nicht mehr ausschliesslich um die Erforschung der qualitativen sondern auch der quantitativen Verhältnisse des Planktons.

Est ist Hensens grosses Verdienst, die Nothwendigkeit der Erweiterung unserer Bestrebungen erkannt zu haben, und durch seine erweiterte praecise Fragestellung eine neue Richtung angebahnt und zugleich auch die Mittel angegeben zu haben, das neue Ziel zu erreichen.

Hensen Fragestellung ist kurz resumirt folgende: Was ist an jeder Stelle des Oceans an Lebewesen, mikroskopischen wie makroskopischen, vorhanden, und wiel viel ist von jeder Form vorhanden?

Allgemeinere Aufschlüsse als Folge der quantitativen Forschung.

Wenn es möglich ist diese Fragen zu beantworten, so haben wir damit ein Mittel in der Hand eine Reihe der wichtigsten Schlüsse auf die allgemeinen Beziehungen des Meeres zu ziehen.

In erster Linie erfährt die bisher allein betriebene specielle Meeresbiologie, welche sich wesentlich mit Speciesfragen beschäftigt, dadurch eine Erweiterung, denn die Kenntniss der Species und ihrer Verbreitung ist und bleibt auch bei der neuen Richtung die Vorbedingung und Grundlage der Forschung, auf welche sich die anderen Schlüsse erst gründen, sie muss also in erster Linie ausgebaut und verbreitert werden.

Wenn die Aufgabe die Hensen gestellt hat, gelöst ist, so bekommt man dadurch unter Berücksichtigung aller sonst vom Meere bekannten Erscheinungen, wie Temperatur, Salzgehalt, Strömungen, Total-Masse der Organismen, Vorkommen der einzelnen Organismen an bestimmten Orten, verschiedene Massenhaftigkeit des Vorkommens dieser Organismen an verschiedenen Orten u. s. w., ein Bild, das nicht nur ein Analogon eines Vegetationsbildes der festen Erde, wie es in Grisebachs Werk gegeben ist, und eines entsprechenden Bildes des Thierlebens darstellt, sondern man erhält damit eine Totalbeschreibung der Verhältnisse des Meeres; wie es in solcher Vollständigkeit vor Anwendung dieser Methode auch nicht im entferntesten möglich oder auch nur denkbar war.

Aber was noch von viel grösserem Werth ist, unter Berücksichtigung aller dieser Verhältnisse ist es möglich, weit allgemeinere Aufschlüsse zu erhalten.

Das Gesammtleben im Meere ist ein Produkt aus sehr vielen einzelnen Faktoren. Diese Faktoren sind aber nicht selbständig und unabhängig von einander, die einzelnen Verhältnisse laufen nicht ohne Beziehungen nebeneinander her, es handelt sich hier also nicht um die einfache Summe der Erscheinungen im Meere, sondern um ein Produkt, in dem jeder einzelne Faktor alle anderen Faktoren beeinflusst, um eine Function von sehr vielen Faktoren, die alle untereinander in Wechselbeziehung stehen, und sich gegenseitig ergänzen, bedingen und in einander eingreifen wie die Räder einer Uhr.

Das Leben im Meer erscheint somit als ein grosser

Gesammtorganismus, in dem jedes einzelne Organ seine eigene selbständige Function besitzt und doch wieder, je nachdem es functionirt, hindernd, fördernd, regulirend auf alle anderen Organe und deren Functionirung einwirkt und dadurch auch Einfluss gewinnt auf die Gesammtheit der Lebenserscheinungen, auf den Stoffwechsel des ganzen Organismns.

Bei Anwendung der Hensenschen Methodik erhalten wir nun so viele, wichtige Faktoren, welche das Gesammtbild des Meeres hervorrufen, dass wir schon die Wechselwirkung der einzelnen Faktoren überschauen, und in die Wirkung jener Triebfedern einen Einblick erhalten können. Wir können dann nicht nur angeben, wie die Verhältnisse sind, sondern wir können auch erklären, wie sie geworden sind und dass sie so werden mussten, wie sie sind.

Die Untersuchung der Meeresorganismen wird dadurch aus dem Bereich einer speciellen Wissenschaft, einer Wissenschaft, die sich nur in beschreibender Weise mit den Species beschäftigt, ja aus einer beschreibenden Wissenschaft überhaupt in den Rang einer exakten, erklärenden Wissenschaft emporgehoben, und sie bleibt, da sie sich stets auf dem festen Boden der Thatsachen bewegt, doch frei von dem Vorwurfe, sich zu einem Zweige der Naturphilosophie zu verflachen, der den Mangel an positiven, exakten Kenntnissen durch « Grundsätze » ausgleicht und statt mit positiven Beobachtungen und exakten Versuchen zu beweisen, nur mit sogenannten « festen Ueberzeugungen » und mit Anrufung des Autoritäts-Glaubens den Leser gewinnen kann.

Durch Vereinigung der vielen speciellen Untersuchungen und der mehr beschreibenden Wissenszweige entsteht eine neue, zusammenfassende, exakte Disciplin, die « Allgemeine Meeresbiologie », welche die Aufgabe hat, die Wechselbeziehungen der einzelnen Faktoren im Meeresleben zu erforschen, den Stoffwechsel des grossen Gesammtorganismus des Meeres zu erkennen und zu erklären.

II. METHODIK.

a) Principien der Hensenschen Methodik.

Um die angegebenen Ziele zu verwirklichen, genügt es nicht, eine Reihe zufälliger Bemerkungen von Reisenden zu vergleichen und die Lücken durch Combination zu ergänzen, sondern es ist eine ganz consequente zielbewusste Methodik nöthig.

Eine solche Methodik ist von Hensen geschaffen worden. Selbstverständlich ist auch hier, wie bei allen grossartigen Aufgaben nicht alles gleich auf den ersten Anlauf zu erreichen, es sind selbst mit dieser Methode noch lange Arbeiten nöthig, um zum Ziele zu kommen. Der erste Schritt, der mit vollem Bewusstsein in consequenter Verfolgung des Planes diesem Ziele zustrebte, war die Planktonexpedition.

Die Aufgaben der Hensenschen Methodik gipfeln in zwei Hauptfragen: die erste ist: Was ist zu einer bestimmten Zeit im Meere an Lebewesen enthalten? die zweite: wie verändert sich dieses Material mit dem Wechsel der Zeiten.

Vorerst ist mit der Planktonexpedition die erste Frage in Angriff genommen worden, und die ersten noch unvollkommenen Antworten auf diese Frage geben die Volumenbestimmungen, die zum Theil schon in Hensens vorläufiger Mittheilung [1]) gegeben sind und in ihrer Vollständigkeit im weiteren Verlaufe dieser Arbeit gegeben werden sollen.

Das Princip von Hensens Methodik ist folgendes: Durch ein Netz, dessen Eigenschaften unten genauer beschrieben

[1]) Einige Ergebnisse der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung. Von Victor Hensen. Sitzungsberichte d. k. Pr. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1890. p. 243.

werden sollen, welches in senkrechter Richtung durch das Wasser in die Höhe gezogen wird, wird das Meerwasser der vom Netz passirten Strecke abfiltrirt, während möglichst alle Organismen in dem Netz gesammelt werden. Nach dem Zuge hat man die Organismen, welche in einem Cylinder Meerwasser vom Querschnitt der Netzöffung und der Höhe der Netzleine enthalten sind, in dem Netze vereinigt. Durch Auswerthung dieses Fanges kann man nun Auskunft erhalten über Qualität und Massenverhältnisse dessen, was an dieser Stelle im Meere enthalten war, soweit es mit Hülfe der Methodik zu fangen ist. Nach Ausführung des ersten Fanges geht man eine Strecke weiter und macht an einem benachbarten Orte eine gleiche Stichprobe, die ebenfalls ausgewerthet wird. Da man durch die unter quantitativen Gesichtspunkten angestellten Versuchsbedingungen weiss, aus welcher Wasserquantität jede einzelne Probe stammte, so kann man nun durch Interpolation die Masse berechnen, welche in der ganzen durchlaufenen Strecke vorhanden ist, vorausgesetzt natürlich, dass die Ungleichheiten in der Vertheilung nicht so gross sind, dass die Interpolation nicht mehr statthaft ist.

Je nach der Beschaffenheit, der Gleichheit oder Ungleichheit der Vertheilung, können die Abstände der einzelnen Stichproben verschieden gross gewählt werden. Bei weitgehender Gleichheit genügt es, wenn in grossen Abständen von einander die Proben entnommen werden, je stärker die Ungleichheit wird, um so geringer müssen die Abstände gewählt werden. Durch Proklamiren des aprioristischen «Grundsatzes», dass die Ungleichheit so gross sei, dass gar keine Bestimmung mehr möglich ist, ist wenig gethan, es ist erst experimentell zu bestimmen, wie gross die Ungleichheit überhaupt ist, bevor irgend eine Behauptung darüber aufgestellt werden darf. Wo man es also mit einem ganz unbekannten Gemisch zu thun hat, da werden die Stichproben, um sicher zu sein, viel dichter gemacht werden müssen, als vielleicht zur Entscheidung der Frage wirklich nothwen-

dig wäre. Dieses Princip ist auch auf der Planktonexpedition für grösste Meeresstrecken befolgt worden.

Bewährtheit der Principien.

Das Grundprincip der Hensenschen Methodik der Meeresforschung ist ein altbewährtes. Ueber ganz Deutschland ist ein Netz von Samencontrolstationen ausgebreitet, welche im Princip ganz ähnliche Fragen zu lösen haben, und welche diese Fragen lösen, indem sie sowohl bezüglich der Probeentnahme als auch der Auswerthung der Probe genau nach denselben Principien arbeiten, wie die Hensensche Methodik.

Bei der letzteren handelt es sich darum, aus einem grossen Volumen einer indifferenten Substanz (Meerwasser) eine geringe Menge darin vertheilter Körper (Organismen) in der Weise herauszunehmen und zu untersuchen, dass daraus Schlüsse auf die Menge und Beschaffenheit der Körper in dem grossen Vorrathsvolumen zu ziehen sind. Bei der Samenprüfung liegt ein Haufen von Körnern vor, der für die Untersuchung als indifferenter Körper in Rechnung kommt, und dessen Gehalt an Beimengungen, die durch Samenkörner anderer Species gebildet werden, qualitativ und quantitativ zu bestimmen ist.

Um eine solche Prüfung des Körnerhaufens vorzunehmen, könnte man, um die Analogie mit der Entwicklungsgeschichte der Planktonstudien aufrecht zu erhalten, Proben vom Rande des Haufens wegnehmen und diese untersuchen. Man könnte auf diese Weise sehr genaue Auskunft erhalten über die qualitative Beschaffenheit der Beimengungen, so weit diese am Rande vorkommen. Dieses Verfahren würde dem Studium der Planktonverhältnisse an den Küsten entsprechen. Es ist dies der qualitative Theil der Planktonstudien, dem wir so reiche und wichtige Kenntnisse über den Bau und die Entwicklungsgeschichte der Planktonorganismen verdanken.

Für die Samenuntersuchung reicht dieses Verfahren noch

nicht aus. Wenn der Haufen, von dem die Probe genommen wird, sehr gross ist, so ist auch die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass in demselben die Vertheilung der Beimengungen nicht überall ganz gleichmässig ist. Um dennoch die Berechnung möglich zu machen, muss die Probe von verschiedenen Stellen aus dem Inneren des Haufens entnommen werden. Damit wird ermittelt, ob im Innern des Haufens andere Beimengungen vorhanden sind als am Rande, und wenn dies der Fall ist, so kann weiter ermittelt werden, an welcher Stelle sie sich finden. Dieses Varfahren gleicht der Thätigkeit der qualitativen Forschungen durch die früheren Expeditionen, welche das Studium der auf der Hochsee vorkommenden Formen und ihrer geographischen Verbreitung zum Ziele hatten.

Eine solche rein qualitative Prüfung würde aber dem Landmann für die Samencontrole nicht genügen. Er gebraucht eine quantitative Untersuchung der Beimengungen. Dieses könnte geschehen, indem der Untersucher aus einem bestimmten Volumen der Grundmasse die Beimengungen absiebt, und letztere misst oder wiegt. Dadurch wird immerhin ein Annäherungsbild über die Totalmenge der Beimengungen erhalten, und es lässt sich durch diese Totalbestimmung erkennen, ob die Beimengungeu ungleich im Haufen vertheilt sind oder nicht. Einem solchen Verfahren entspricht die Volumenbestimmung der Planktonmengen, welche im dritten Theil dieser Arbeit gegeben werden soll.

Wollte man nun, wie man dies mit den Planktonuntersuchern thut, den Samenuntersuchern den Vorschlag machen, sich mit der Bestimmung des Gesammt-Volumens oder Gewichtes der Beimengungen zu begnügen, so würde er antworten, dass damit auch der allereinfachste Landmann nicht zufrieden sein würde, da er sehr wohl weiss, dass nicht alle Beimengungen gleichwerthig sind, dass z. B. ein Kubikcentimeter Kleeseide und ein Kubikcentimeter Sand unter dem Kleesamen trotz ihres gleichen Volumens keineswegs gleichwerthig sind.

Nothwendigkeit der Zählung.

Die einzige Methode, welche gestattet, die einzelnen Componenten der Beimengungen in ihrem gegenseitigen Werthe exakt abzumessen, und ihren Einfluss auf die Gesammtmasse zuverlässig zu bestimmen, ist die Methode der Zählung und zwar der gesonderten Zählung der Körner der einzelnen Arten der beigemengten Samen. Ebenso kann man auch nur mit Hülfe der Zählung der Individuen der einzelnen Arten den Einfluss derselben auf das Meeresleben und ihre gegenseitige Beziehung zu einander ermitteln, denn hier wie bei den Samenarten ist es keineswegs gleichgültig, woraus das gefundene Volumen oder Gewicht besteht, ob. z. B. aus Peridineen oder aus Copepoden. Gleiche Volumina der beiden Formen haben ganz verschiedenen Werth für das Plankton. Die ersteren produciren organische Substanz, also Nahrung, die letzteren dagegen consumiren nur, die ersteren vergrössern, die letzteren verringern die Masse, sie üben also ganz verschiedene Wirkungen auf das Zusammenleben der Organismen aus und durch einfaches Zusammenaddiren ihrer Massen erhält man also keineswegs die Summe ihrer Wirkungen, sondern diese kann nur dadurch erhalten werden, dass man die Faktoren, die jeder Species entsprechende Menge, einzeln bestimmt, und dann ihre Wirkungsweise gegenseitig abwägt. Diese Bestimmung der Wirkung der einzelnen Species ist aber möglich durch Zählung der Individuen, Die Zählung ist darum ganz unumgänglich nothwendig, wenn man ein Bild von dem Zusammenwirken der Organismen im Meere haben will.

Plan einer Hochseeexpedition.

Von diesen Gesichtspunkten ausgehend, ist der von Hensen festgstellte Grundplan der Planktonexpedition

folgender: Aus den verschiedensten Theilen des Oceans werden Stichproben gemacht, welche die Planktonorganismen einer bestimmten Menge Wasser einer bekannten Stelle des Meeres enthalten. (In dem auf der Planktonexpedition angewandten Specialfall ist es eine cylindrische Wassersäule vom 0,1□^{m} Grundfläche und 200^{m} Höhe, von der Meeresoberfläche an gerechnet). Durch Ausmessung des erhaltenen Materials erhält man die Totalmasse der aller Organismen (cf. unten die Tabellen) und durch Auszählung die Totalmasse der Individuen jeder einzelnen Species. Wenn die Abstände der Stichproben klein genug gewählt wurden, so kann man durch Interpolation finden, wie wiel Totalmasse und wie viel Masse der einzelnen Organismen in dem ganzen durchforschten Meere oder Meerestheile zur Zeit der Stichprobenentnahme vorhanden war.

Die Feststellung dieser Thatsachen ist vor der Hand die Hauptsache. Wie sich daraus die Wirkungsweise der einzelnen Species auf das Gesammtleben im Meere und damit ihr Platz in dem Stoffwechselprocess des Meeres (unter Berücksichtigung ihrer Masse und der speciellen Wirkungsweise auf die einzelnen sie umgebenden Organismen) berechnen oder wenigstens abschätzen lässt, das ist dann ein Problem, dessen Lösung man dann hoffen darf immer näher zu kommen.

b) Die Methoden.

1. Allgemeines.

Die Hensensche Methodik der Planktonforschung umfasst einen ganzen Complex verschiedener Methoden, die nur durch ihren Zweck zu einem Ganzen zusammengehalten werden. Es ist ein System von Methoden, die alle auf das eine grosse Ziel hinarbeiten, das Leben im Meere, das sich aus vielen Einzelleben zusammensetzt in seiner Gesammtheit aufzufassen und als Organismus zu verstehen, in dem jeder Theil

seine bestimmte Function hat, die fest geregelt und bestimmt ist durch ihre Beziehungen zu den anderen Theilen, sodass jede jetzt bestehende Erscheinung als Resultat des Zusammenwirkens von einer Reihe von Kräften, und jede Veränderung nicht mehr als unerklärbarer Zufall sondern als die natürliche Folge natürlicher Ursachen erscheint, die sich zu dem Gesammtleben des Meeres verhält wie der Stoffwechsel eines einzelnen lebenden Körpers zu diesem Körper selbst. Dieses Ziel, das Verständniss zu gewinnen, dass die stetigen Veränderungen im Meere als ein Produkt des Stoffwechsels des Meeres aufzufassen sind, ist eine so grosse und umfangreiche Aufgabe, dass sie nicht von einem einzelnen Menschen bewältigt werden kann, sondern dass viele Forscher, vielleicht noch mehrere Generationen ihre Kraft daran setzen müssen, um sie zu lösen, sie ist aber auch eine so hohe und edle Aufgabe, dass jeder mit Stolz erfüllt sein kann, der seinen Theil dazu beitragen darf, dass die Aufgabe ihrer Lösung ein Stück näher geführt wird.

Da die Aufgabe, welche zu bewältigen ist, um das Ziel zu erreichen, so kolossal ist, so kann auch die Methodik nicht so einfach und bequem sein, wie es für kleinere Zwecke möglich ist. Man darf sich deshalb auch nicht wundern, dass dieselbe einen so hohen Aufwand an Menschenkraft und Mitteln erfordert, sodass sie nicht jedem Forscher in ihrem ganzen Umfang zugänglich sein kann. Dass die Methode aber geeignet ist, ihre Aufgabe zu lösen, das lehrt schon ein sorgfältiges Studium der theoretischen Grundlagen, die in dem Hensenschen Werk « Ueber das Plankton » [1]) niedergelegt sind, noch viel mehr aber die praktische Handhabung der Methode selbst. Alle diejenigen Forscher, welche Gelegenheit gehabt haben, die Methodik nicht nur theoretisch sondern auch praktisch ken-

[1]) Hensen. Ueber die Bestimmung des Plankton. V. Bericht der Commission z. Unters. d. Meere 1887.

nen zu lernen, sind vollkommen überzeugt davon und haben auch ihre Ueberzeugung zum Theil schon öffentlich ausgesprochen, wie Brandt, Dahl und Heincke. Letzterer, einer der ersten Forscher Deutschlands auf dem Gebiete de rSeefischerei, nennt die Methodik geradezu «bewundernswürdig» und ein «Muster exakter Methodik». Auch ich habe mich jahrelang mit dieser Methodik beschäftigt, ich habe dieselbe nicht nur theoretisch, sondern auch praktisch gründlich kennen gelernt, indem ich die günstige Gelegenheit hatte, sämmtliche Theile der Methodik selbständig zu handhaben und zu prüfen, und bin dabei zu einer Ueberzeugung gekommen, die ich nicht besser auszusprechen wüsste, als Heincke dies schon gethan hat.

Die Methodik Hensens umfasst drei Methodengruppen: Fang, Conservirung und Auswerthung des Fanges.

2. Der Fang.

Um die Fänge quantitativ vergleichbar zu machen, muss eine Reihe von Bedingungen erfüllt werden, auf die man früher gar nicht oder doch nur unvollkommen geachtet hat. 1) Das Netzzeug darf nicht, wie die früher meist angewandten Netzzeuge, ungleich grosse Maschen haben, vielmehr müssen die Poren überall gleich gross sein. 2) Die Poren des Netzes müssen eng genug sein, um auch die mikroskopischen Organismen, die Diatomeen und Peridineen zuverlässig zu fangen. 3) Um die an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten gemachten Planktonfänge bezüglich ihrer Masse miteinander vergleichen zu können, muss bestimmt werden, wie viel Flüssigkeit bei dem jedesmaligen Netzzuge durchfiltrirt wurde.

Alle drei Forderungen sind bei den bisherigen Expeditionen nicht erfüllt worden, weil sie überhaupt nicht gestellt worden sind. Weil es den Forschern meist nur darauf ankam, Thiere in möglichst grosser Menge zu fangen, und zwar die

makroskopischen in erster Linie, so wurde das Netzzeug durchweg, und zwar in diesem Falle vollkommen mit Recht, zu weitmaschig gewählt, als dass dasselbe die mikroskopischen Formen auch nur mit einiger Sicherheit hätte fangen können.

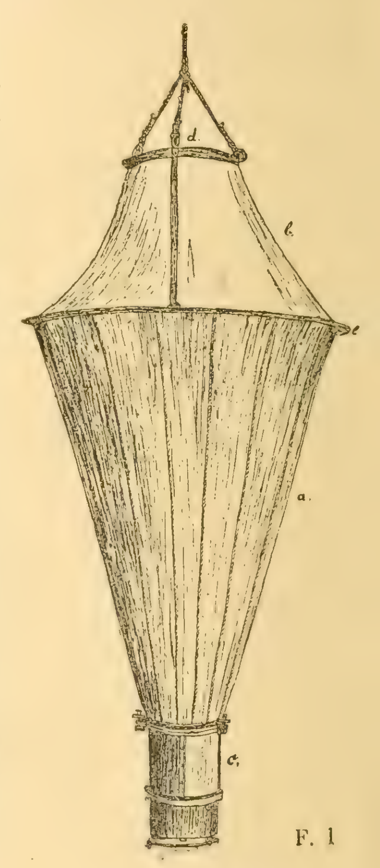
Ferner macht die ungleiche Porengrösse der meisten Gewebe die quantitative Vergleichung der damit gefangenen Wesen unsicher. Der dritte Punkt wurde ebenfalls unberücksichtigt gelassen, nnd auch dieses mit vollem Recht, denn die Forscher hatten mit der ihnen gestellten Aufgabe der qualitativen Erforschung vollauf zu thun, auch ohne sich auf die weiter führenden quantitativen Fragen einzulassen. Es wäre ungerecht ihnen daraus einen Vorwurf zu machen, dass sie sich auf Fragen nicht einliessen, die in damaliger Zeit wegen Mangel an den nöthigen Vorarbeiten noch nicht lösbar waren.

Die Fänge der früheren Expeditionen sind in Folge dessen zwar qualitativ äusserst werthvoll, quantitativ für Bestimmung der Massenverhältnisse der Planktonwesen aber nicht brauchbar, und wenn dennoch falsche Schlüsse aus ihnen gezogen worden sind, so ist die Schuld nicht den Gelehrten der Expeditionen, sondern nur denjenigen Männern zuzuschreiben, welche unter Vernachlässigung der Grundbedingungen der quantitativen Forschung quantitative Schlüsse aus nicht quantitativen Fängen zogen.

Erst Hensen hat die drei erwähnten Hauptbedigungen der quantitativen Meeresforschung erfüllt. Er fand in der seidenen Beutelgaze, wie sie die Müller zum Durchsieben und Sortiren des Mehles anwenden, ein Gewebe, das mit grosser Sorgfalt so construirt ist, dass die Poren überall gleich gross sind, und ferner dass die Maschengrösse, und dieses ist besonders wichtig, auch beim Gebrauch sich nicht wesentlich ändert. Dasselbe besitzt ferner vor allen anderen Stoffen den Vorzug grösstmöglicher Durchlässigkeit bei grösster Feinheit. Die feinsten Nummern sind ferner fein genug, um auch die mikroskopischen nicht allzu kleinen Diatomeen abzufiltri-

ren. Bei dem für die quantitativen Fänge der Planktonexpedition angewandten Netzzeuge kommen nach den Bestimmungen von Hensen 5926 Löcher auf jeden Quadratcentimeter und jedes Loch hat eine Seitenlänge von 0,05^{mm}.

Am schwierigsten zu erfüllen ist die dritte Forderung: die Bestimmung der durchfiltrirten Wassermenge, um die daraus erhaltenen Fänge auf ein einheitliches, quantitativ vergleichbares Maass zurückführen zu können. Um diese Forderung zu erfüllen, waren von Hensen sehr umfangreiche und schwierige aber unbedingt nöthige Vorarbeiten auszuführen. Zuerst war die Filtrationsgrösse des Netzzeuges zu bestimmen, d. h. die Wassermenge, welche in einer bestimmten Zeit bei einem bestimmten Druck durch die Flächeneinheit des Netzzeuges hindurchfiltrirt.



F. 1

Netz: Unter Berücksichtigung dieser Filtrationsgrösse musste dann das Netz so construirt werden, dass die von ihm durchzogene Wassermasse auch wirklich durchfiltrirt wird. Um diesen Zweck zu erreichen muss die durch die Millionen kleiner Poren repräsentirte Ausflussöffnung des Netzes grösser sein als die grosse kreisrunde Einflussöffnung. Der Reibungswiderstand, welchen die vielen kleinen Poren an ihren Wänden dem ausströmenden Wasser entgegensetzen, kann bei zweckmässiger Form und Grösse der Einströmungsöffnung aufgeho-

ben werden durch Verstärkung des Druckes des einströmenden Wassers vermittelst rascheren Zuges des Netzes oder bei gegebenem Druck des Wassers an der Einflussöffnung (bei gegebener unveränderlicher Geschwindigkeit des Netzzuges) kann der Widerstand des ausfliessenden Wassers durch Vergrösserung der Ausflussöffnung (Vergrösserung der Netzfläche) oder durch Verkleinerung der Einflussöffnung (durch Aufsetzen des Hensenschen Kegels von undurchlässigem Stoff cf. Fig. 1) so weit verringert werden, dass er von dem Drucke des einströmenden Wassers überwunden wird. Eine gewisse bestimmbare Differenz kann dann noch durch Rechnung ausgeglichen werden.

Es ist nun eine Hauptbedingung bei der Construction des Netzes, dass diese Differenz und damit auch die Fehlerrechnung möglichst klein gemacht wird. Um diesen Zweck zu erreichen ist bei dem Hensenschen Planktonnetz die Ausflussöffnung durch Vergrösserung der Netzfläche sehr viel grösser gemacht als die Einflussöffnung, so dass dadurch sowohl der Reibungswiderstand als auch die Gefahr des Verstopfens der Netzporen auf ein möglichst geringes Maass zurückgeführt ist.

Das Netz, das diese Bedingungen erfüllen soll, muss mit besonderer Sorgfalt construirt sein. Die gewöhnlich gebräuchlichen Formen der Netze genügen aber nicht den Anforderungen, welche die quantitative Analyse an sie stellt. Hensen musste also eine neue Form schaffen. Dieselbe stellt im Princip einen spitzen Kegel aus seidener Mühlengaze dar, dessen obere kreisförmige Oeffnung durch einen abgeschnittenen Kegel von undurchlässigem Stoff auf eine bestimmte Fläche verkleinert wird, und dessen untere Spitze durch einen Sammeleimer ersetzt wird. Bezüglich der Detailbeschreibüng des Netzes, wie der anderen Hensenschen Apparate, die uns hier zu weit führen würde, muss ich auf Hensens Abhandlungen verweisen.

Sammel-Eimer. Selbst bei Anwendung eines Netzes, welches die von ihm durchzogenen Strecken vollkommen

durchfischt, ist die quantitative Verwerthbarkeit des Fanges noch keineswegs gesichert, da der gesammte Fang nun auch ohne Verlust auf einen Punkt vereinigt werden muss. Die gewöhnlich von den Zoologen zum Vereinigen des Fanges angewandten Eimer, die an die untere Netzöffnung angebunden werden, welche für qualitative Zwecke wohl genügen, sind für quantitative Untersuchungen, wie Hensen gezeigt hat, vollkommen unbrauchbar, weil sie nicht die Sicherheit gewähren den gesammten Fang ohne Verlust im Eimer zu vereinigen. Hensen construirte deshalb für quantitative Zwecke einen neuen Eimer, welcher durch eine sehr einfache und sinnreiche Einrichtung das vollkommene Sammeln des gefangenen Materials ermöglicht. Die Seitenwand dieses Eimers ist nämlich theilweise durchbrochen und die Lücke durch dieselbe Seidengaze, welche das Netz bildet, geschlossen.

Das vollkommene, quantitative Vereinigen des Fanges in dem Sammeleimer wird dadurch bewerkstelligt, dass nach dem Aufziehen des Netzes ein Wasserstrahl mittelst der Dampfspritze auf die Aussenwand des Netzes, unter langsamem Drehen desselben, gerichtet wird. Das von aussen durch die Netzwand nach innen vordringende Wasser löst *den* Theil der Organismen, der beim Aufziehen des Netzes sich nicht schon von selbst abgelöst hatte und dem sinkenden Wasserspiegel in den Eimer gefolgt war, von der Netzwand, an der er haftet, los, und spült denselben in den Eimer hinein.

Aus dem Sammeleimer, von der Wand der Filtratoren und aus den anderen Conservirungsgefässen wird der meist als ein gelblicher bis bräunlicher, leichter, flockiger Schlamm erscheinende Fang in derselben Weise mittelst einer mit Seewasser gefüllten Spritzflasche abgelöst, wie bei quantitativen chemischen Analysen die Niederschläge von den Filtern abgespritzt werden.

Ausführung des Fanges. Die Construction des Netzes und Eimers garantiren nur dann die quantitative Vergleichbarkeit des Fanges, wenn genau bestimmt wird, und dieses ist die

Hauptforderung für jede Vergleichung, wie grosse Strecken und welche Tiefenschichten das Netz durchfischte. Diese Forderung wurde vor Einführung der Hensenschen Methoden niemals erfüllt.

Mittel zur Erforschung der Verticalverbreitung.

Die genaue Bestimmung der Tiefenschicht, die das Netz durchfischt, ist für alle Planktonfragen von der allergrössten Wichtigkeit, denn nicht nur ist die qualitative Beschaffenheit des Fanges in verschiedenen Tiefen verschieden, da viele Formen, die an der Oberfläche vorkommen, in einiger Tiefe nicht mehr getroffen werden, sondern es sind auch die quantitativen Verhältnisse ganz ausserordentlich ungleich. Wie die Untersuchungen der Planktonexpedition beweisen werden, nimmt die Quantität des Plankton nach der Tiefe hin, wenn eine bestimmte Grenze überschritten ist, sehr schnell ab. Man wird ganz verschiedene Quantitäten Plankton erhalten, je nachdem man gleiche Mengen Wasser entnommen aus 50, 100, 200 oder 400 Meter Tiefe abfiltrirt. Im ersten Fall würde man ausserordentlich viel mehr Plankton erhalten als im letzten.

Diese Thatsache ist von grösster Wichtigkeit bei der Aufstellung des Fischereiplans, sowohl bezüglich der Construction der Netze als deren Anwendung.

Es ergiebt sich hieraus für Fänge, welche zu quantitativen Vergleichungen dienen sollen, die Nothwendigkeit dass zwei Forderungen erfüllt werden: erstens dass die Bahn, welche das Netz beim Planktonfang im Wasser beschreibt, bekannt sei, und zweitens, dass diese Bahn eine so einfache sei, dass die bei verschiedenen Fängen gemachten Mengen auf eine bestimmte als Norm angenommene Bahn reducirt werden können.

Fragen wir uns, wie weit erfüllen die bisherigen Fischereimethoden diese Bedingungen, so müssen wir zwei verschiedene Grundsysteme unterscheiden: die Horizontal-und die Verticalfischerei.

1. Horizontalfischerei.

a. Offenes Horizontalnetz.

Nach den gewöhnlich angewandten Fangmethoden, bei denen es immer nur darauf ankam, möglichst viel Material nicht aber quantitativ vergleichbares Material (ein Unterschied, der sehr häufig noch übersehen wird) zu schaffen, wird das Netz angeblich in horizontaler Richtung durch das Wasser gezogen, d. h. es wird bei langsamer Fahrt (seltener bei stehendem Schiff) ins Wasser hinuntergelassen, eine Strecke weit hinter dem Schiff hergezogen und dann bei langsamer Fahrt wieder aufgewunden.

Wie wird nun das Netz bei dieser Versuchsanordnung laufen? Die praktische Erfahrung lehrt, dass das Netz, wenn das Gewicht desselben gering ist, und die Geschwindigkeit des Schiffes sehr gross ist, unmittelbar an der Oberfläche des Wassers fortgezogen wird, ja, wenn die Befestigungsstelle des Taues am Schiff sehr hoch über dem Wasserspiegel liegt, das Netz sogar über die Wasseroberfläche hervorspringen kann.

Wenn dagegen das Gewicht des Netzes gross, und die Geschwindigkeit sehr gering ist, so wird das Netz fast senkrecht unter dem Schiff hängen.

Zwischen diesen beiden Grenzwerthen liegen die gewöhnlich angewandten Fälle. Das Netz wird, wenn es längere Zeit gezogen wird, stets einen Gleichgewichtszustand erreichen, wo es horizontal zwischen der Oberfläche und dem tiefsten möglichen, senkrecht unter dem Schiff liegendem Stand fortläuft. Bei gegebenem Netz und Tau kann man durch Vermehrung der Geschwindigkeit die Gleichgewichtsbahn heben, bei gegebener Geschwindigkeit durch Vermehrung des Gewichts (durch Auslassen von mehr Tau) kann man die Gleichgewichtsbahn senken.

Die Versuchsbedingungen liegen also ganz in der Hand des Experimentators und sind scheinbar auch ganz einfach, eine genauere Betrachtung der das Netz treibenden Kräfte wird jedoch zeigen, dass die oben geforderten Bedingungen, dennoch nicht erfüllt werden.

Netzbahn.

Der Weg des Netzes im Wasser ist eine Function von zwei Kräften, einer horizontalwirkenden I, und einer vertikal wirkenden II.

Die Kraft I ist abhängig von der Geschwindigkeit mit der das Schiff zieht, sie ist jedoch nicht identisch mit der ziehenden Kraft des Schiffes, weil der Zug des in Bewegung befindlichen Schiffes auf das Netz sich wegen der tieferen Lage des Netzes unter der Bordwand in einer schräg aufwärts gehenden Richtung äussert. Diese in schräger Richtung wirkende Kraft lässt sich zerlegen in eine verticale (II) und eine horizontale Kraftcomponente (I).

Die Verticalcomponente II der Netzbahn ist eine Summenkraft, die gebildet wird aus der vertical aufwärts wirkenden Componente des in schräger Richtung ziehenden Schiffes (oben II a genannt) und einer vertical abwärts wirkenden Kraft II b, die durch das Gewicht des Massensystems von Netz und Tau bedingt wird. Wenn nun I und II b gleichzeitig wirkten, so würde sich das Netz in der Diagonale B des Kräfteparallelogramms abwärts bewegen. Die Resultirende der beiden Kräfte I und II a wirkt dagegen in der Diagonale A aufwärts.

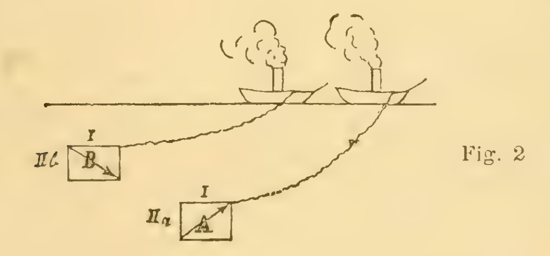
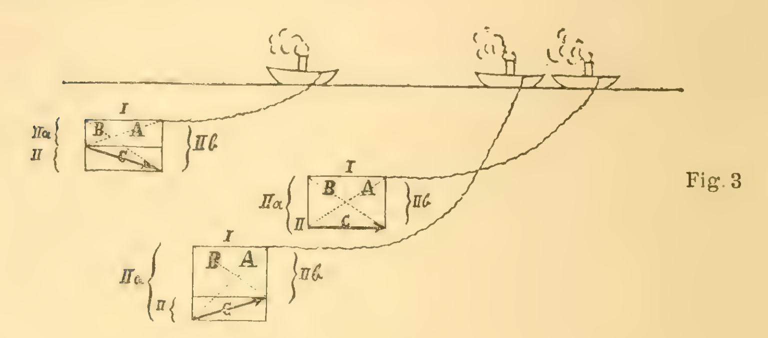


Fig. 2

II a und II b wirken stets gleichzeitig und entgegengesetzt; für die Construction des wirksamen Kräfteparallelogramms kommt also nur ihre Differenz II = II a — II b zur Geltung. Die wirkliche Bewegung des Netzes geschieht also in der Richtung der Diagonale C (Fig. 3) eines Parallelogramms, dessen horizontale Seite I durch die horizontale Zugcomponente des Schiffes, und dessen verticale Seite durch (II a — II b) gebildet wird.



Je nachdem (II a — II b) positiven oder negativen Werth hat, wird sich das Netz schräg aufwärts oder schräg abwärts Fig. 3 C bewegen. Wenn II a = II b wird, so bewegt sich das Netz in horizontaler Richtung Fig. 3 C 3. Dieses ist die Idealforderung der Horizontalfischerei. Die wirkliche Bewegung des Netzes bei der Horizontalfischerei ist aber nicht so einfach.

Die senkende Kraft II b ist abhängig von dem Gewicht des Massensystems, welches gebildet wird durch das Netz selbst und das Tau mit welchem das Netz gezogen wird. Die hebende Kraft II a ist abhängig von mehreren Factoren: 1) Geschwindigkeit, 2) Widerstand, den Netz und Tau im Wasser finden, 3) Tiefe der den Widerstand findenden Punkte unter dem Befestigungspunkt des Taues am Schiff.

a. Netzbahn ohne Tau.

Um ein Bild zu gewinnen über die Bahn, welche diese

Kräfte dem Netz vorschreiben würden; nehmen wir vorerst den einfachsten Idealfall an, dass das Netz von einem gewichts- und widerstandslosen Tau gezogen wird, so dass dann nur das Netz mit seinen Eigenschaften für sich wirkt. (Für geringe Tiefen liesse sich diese Versuchsbedingung annähernd dadurch herstellen, dass man das Netz nicht zu leicht machte und dieses an einem Klavierdraht befestigte, dessen Gewicht und Widerstand gegenüber dem des Netzes vernachlässigt werden kann). In diesem Falle wirkten die hebenden und senkenden Kräfte wie auf einen Punkt, für den sich dann leicht das Kräfteparallelogramm construiren lässt.

Die Bahn des Netzes wird dann in drei zeitlich getrennte wesentlich verschiedene Abschnitte zerfallen: 1) die Periode des Auslassens des Taues 2) die Periode des unveränderten Zuges 3) die Zeit des Tauaufziehens.

Während dieser ganzen Zeit bleibt das Gewicht gleich, die senkende Kraftcomponente II b (cf. Fig 3) ist also als constant anzunehmen, die beiden anderen Componenten jedoch wechseln.

Während der ersten Periode, in der Zeit des Tauauslassens, kommt nicht die volle Schiffsgeschwindigkeit zur Geltung sondern nur die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Schiffes und des Tauauslassens. Die Geschwindigkeit des Netzzuges ist relativ gering, also auch die aus ihr resultirenden Kräfte, die horizontalziehende I und die hebende II a.

Da dann wesentlich die senkende Kraft II b wirkt, so wird das Netz in schräger Richtung nach unten gehen.

Sobald das Tau festgelegt ist, wird die Geschwindigkeit des Netzes sofort bedeutend erhöht und damit auch die Horizontalcomponente I, ebenso, da jetzt der aus der normalen Schiffsgeschwindigkeit resultirende Antheil als auch der Widerstand mit seiner vollen Kraft auftritt, die Hebungscomponente II a; das Netz wird sich demgemäss heben. d. h. in schräger Richtung bergauf gehen.

Wie weit es sich hebt, das hängt von dem dritten oben erwähnten Factor, welcher die Kraft II b beeinflusst, ab.

Wenn Widerstand, Geschwindigkeit und Gewicht gleich bleiben, so ist, wie aus Figur 4 hervorgeht, die hebende

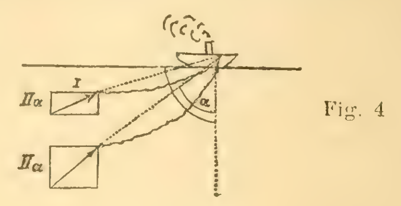


Fig. 4

Kraft II.a um so grösser, je kleiner der Winkel a ist, den die Verbindungslinie von Netz und Befestigungspunkt des Taues mit der Verticalen bildet. Indem sich das Netz hebt, wächst a, während II a kleiner und kleiner wird. Sobald es gleich II b ist, ist der Gleichgewichtszustand eingetreten und die Bahn wird horizontal, und bleibt es auch so lange, bis die äusseren Bedingungen wieder geändert werden. Letzteres geschieht während der dritten Periode, wo das Tau aufgezogen wird. Dann geht die Bahn wieder bergan.

Die muthmassliche Bahn des Netzes würde hiernach in groben Zügen die in Fig. 5, Kurve a b c d e, gezeichnete Form haben: a b fallender, b c erster steigender, c d horizontaler Theil, d e Endaufstieg der Bahn.

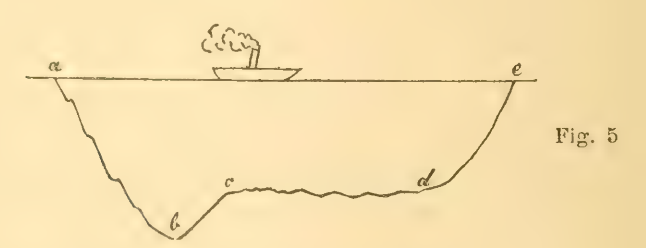


Fig. 5

b. Einfluss des Taues auf die Bahn.

Diese Bahn des Netzes ist für den angenommenen Idealfall, dass man die Eigenschaften des Taues nicht zu berücksichtigen brauche, schon nicht mehr einfach und a priori kaum be-

rechenbar, weil der Widerstand des Netzes zu schwierig in die Rechnung einzuführen ist. Wenn die Eigenschaften des Taues berücksichtigt werden müssen, so ist die Aussicht die Bahn zu bestimmen, noch geringer. Für grössere Tiefen, für welche ein Klavierdraht nicht ausreichen würde und die Anwendung des neuerdings mehr gebrauchten Stahldrahttaues nicht mehr zu umgehen ist, ist der Einfluss des Taues auf die Bahn nicht mehr zu vernachlässigen; es wird dann sogar Gewicht und Widerstand des Taues so erheblich, dass nicht mehr das Netz sondern die Eigenschaften des Taues wesentlich massgebend für die Bahn des Netzes werden. Für die früher hauptsächlich angewandten Hanftaue spielt der Widerstand eine noch grössere Rolle als beim Stahldrahttau, das wegen der grösseren Zugfestigkeit viel dünner gewählt werden darf.

Nun wirken zwar auf das Tau dieselben ziehenden, hebenden und senkenden Kräfte wie auf das Netz, aber sie äussern sich hier in anderer Weise, denn das Tau functionirt wegen seiner Biegsamkeit nicht als fester Körper, auf den die Kraftcomponenten, wie es beim Netz angenommen werden konnte, wie auf einen Punkt, der nur als Ganzes frei beweglich ist, wirken, sondern, jeder Punkt hat hier seine eigenen Componenten die von denen der vorhergehenden und folgenden verschieden sind und wegen der Biegsamkeit des Taues auch für sich zur Geltung kommen aber doch in bestimmter Weise je nach dem grösseren und geringeren Grade der Biegsamkeit die benachbarten Theile beeinflussen. Da das Tau nicht wie das Netz als Ganzes frei beweglich ist, sondern an dem einen Ende fest liegt, am anderen vertical beweglich ist, da ferner das eine Ende höher als das andere liegt, und da drittens, wie zu vermuthen ist, das im Wasser geschleppte Tau keine gerade Linie sondern eine Kurve bildet, deren einzelne Punkte von dem Widerstand leistenden Wasser unter ganz verschiedenen Winkeln getroffen werden, so äussert sich der Wasserdruck auf die verschiedenen Theile des Taues in sehr verschiedener Weise. Das am Schiff befestigte Ende wird

also ganz anderem Verticaldruck ausgesetzt sein als das frei bewegliche Ende. In welcher Weise und bis zu welchem Grade das Tau nun diesen Kräften in seinen verschiedenen Theilen nachgeben wird, dürfte schwer zu ermitteln sein.

Es würde eine ganz specielle Untersuchung erfordern, die Lagerung eines solchen durch das Wasser geschleppten Taues und damit die Bahn eines an seinem Ende befestigten Netzes zu bestimmen. Bisher fehlen dazu alle Anhaltspunkte, man ist also bei allen bisherigen Horizontalzügen über die Bahn des Netzes vollkommen im Unklaren gewesen.

Die gewöhnlichen Horizontalzüge mit offenem Netz erfüllen also, da sie weder ihrem Namen entsprechend in gerader Linie horizontal, noch vertical, sondern in ganz complicirten unbekannten und nicht berechenbaren Kurven fischen, nicht die Bedingungen, die man an quantitative Fischerei stellen muss, sie können daher zu Schlüssen über Massenverhältnisse nicht benutzt werden.

b. Schliessnetze.

Es ergiebt sich hieraus die Hauptforderung, die Bahn einfacher zu gestalten. Bis zu einem gewissen Grade geschieht dies schon durch die Schliessnetze d. h. Netze, die geschlossen ins Meer gesenkt werden, sich in der Tiefe öffnen, und dort auch wieder schliessen, sodass der complicirte und störende auf- und absteigende Theil der Bahn ausgeschlossen wird, und nur der einfachere mittlere Theil zur Wirksamkeit kommt.

Es wurden verschiedene solcher Schliessnetze construirt zu dem Zweck, Plankton aus mittleren Tiefen für sich zu fangen, ohne dass dasselbe vermischt würde mit Oberflächenmaterial, das sich bei Anwendung des offenen Netzes dem Tiefenmaterial stets beimengt.

a) Das von Palumbo erfundene und von Petersen und Chun verbesserte Horizontalschliessnetz wird bei stehendem Schiff geschlossen ins Wasser hinuntergelassen, und dann

das Schiff in Bewegung gesetzt. Dadurch wird mittelst einer kleinen vor dem Netz angebrachten Schiffschraube das Netz geöffnet, und nach einer gewissen Anzahl von Umdrehungen der Schraube, während welcher das Netz einen Weg von etwa 200 Metern zurückgelegt hat, wieder geschlossen. Wenn das Netz richtig functionirt, eine Frage, auf die ich mich hier nicht einlassen will, so wird von der vorhin beschriebenen allgemeinen Netzbahn der absteigende, der letzte aufsteigende und ein Stück vom horizontalen Theil abgeschnitten, und das Netz fängt nur während der ersten aufsteigenden und ev. einem Theil der horizontalen Bahn; der für Horizontalfischerei eigentlich geforderte horizontale Theil der Kurve kommt bei der Geschwindigkeit des Zuges vielleicht gar nicht mehr zur Geltung. Jedenfalls ist die Bahn vollkommen unbekannt.

b) Das Netz des Fürsten von Monaco, das vor Beginn des eigentlichen Zuges durch den Stoss des fallenden Netzes geöffnet wird, und später durch ein Laufgewicht wieder geschlossen wird, leidet an denselben principiellen Fehlern, wie das Palumbo-Petersen-Chunsche Netz; es fängt nicht rein horizontal, sondern schräg aufwärts und horizontal nacheinander. Die Länge des horizontalen Theiles der Bahn kann zwar willkürlich verlängert werden, aber auch dann bleibt die Tiefe, deren Kenntniss für die Beurtheilung des Fanges absolut nothwendig ist, unbekannt.

Diese Tiefe aus der Länge des ausgegebenen Taues richtig zu schätzen, ist aber bei dem Fehlen aller dazu nöthigen Daten nicht möglich, und wo dies dennoch versucht worden ist, da wird sich voraussichtlich nachweisen lassen, dass man sich oft bedeutend verschätzt hat. Da sich die Tiefe vor der Hand nicht berechnen lässt, so ist unbedingt zu fordern, dass sie empirisch gemessen wird [1].

[1] Dabei genügt es aber nicht, einfach die Maximaltiefe des Netzstandes zu bestimmen, sondern es müsste zugleich mit Hülfe eines registrirenden Manometers und Wegmessers die Länge des Zuges und die

c) Bei den Netzen von De Guerne, Hoyle u. a. wird das Oeffnen und Schliessen des Netzes bewirkt durch ein Laufgewicht, d. h. ein durchbohrtes Gewicht, welches auf das Tau gesteckt wird und von diesem geführt, in die Tiefe gleitet. Indem es unten auf den Oeffnungsmechanismus des Netzes aufschlägt, setzt es diesen in Bewegung, während der Schlussmechanismus nach Ablauf einer gewissen Zeit durch ein zweites Laufgewicht in Thätigkeit gesetzt wird.

Man kann den bei den anderen Schliessnetzen störenden ersten aufsteigenden Theil der Kurve der Netzbahn (cf. Fig. 5) dadurch abschneiden, dass man mit dem Aufsetzen des Laufgewichts wartet bis die horizontale Gleichgewichtsbahn erreicht ist, dann wird aber eben durch dasselbe Laufgewicht das kaum erlangte Gleichgewicht der hebenden und senkenden Kräfte wieder gestört. Die vertical abwärts wirkende Kraft II b wird durch das Laufgewicht vergrössert, das Netz muss also von neuem abwärts gehen und kommt erst zur Ruhe, wenn eine den neuen Bedingungen entsprechende neue Gleichgewichtslage eingetreten ist. Die Bahn ist also ebenso complicirt als bei dem Schliessnetz mit Schiffsschraube, sie ist ebenso unbekannt, namentlich ist auch hier die Tiefe, der wichtigste Factor vollkommen unbekannt und kann nur geschätzt werden.

F e h l e r s ä m m t l i c h e r H o r i z o n t a l s c h l i e s s n e t z e. Einen Fehler, der alle bisher erwähnten Schliessnetzsysteme gleichmässig trifft, habe ich bisher unberücksichtigt gelassen: Mit dem Oeffnen des Netzes wird die Oberfläche und damit auch der Widerstand des Netzes im Wasser und dadurch auch die verticale Kraftcomponente verändert. Wenn es also vorher schon die durch die horizontale Bahn gekennzeichneten

zugehörige Tiefe für jeden Punkt der « wirksamen » Netzbahn bestimmt werden, der Registrirapparat dürfte also erst beim Oeffnen des Netzes ausgelöst werden, und müsste beim Schliessen des Netzes wieder arretirt werden. Für grosse Tiefen, für welche ein Druck von mehreren hundert Atmosphaeren zu verzeichnen wäre, dürfte die Druckregistrirung auf ziemlich grosse Schwierigkeiten stossen.

Gleichgewichtslage erlangt hatte, so wird es jetzt steigen, bis es die den veränderten Bedingungen entsprechende neue Gleichgewichtslage eingenommen hat, und nun in einem anderen Niveau wieder horizontal verläuft.

Dieser Fehler, die Veränderung der Bahn beim Oeffnen des Netzes, dürfte sehr schwer zu eliminiren sein. Ich wüsste nur einen Weg: zwei ganz gleiche Netze an einander zu koppeln, und diese so einzurichten, dass sie entgegengesetzt functioniren d. h. dass das eine stets geöffnet ist, während das andere geschlossen ist, und umgekehrt. Auf diese Weise bliebe sich der Widerstand gleich; ob aber ein solches Kuppelnetz bei seinem complicirten Bau in der Tiefe sicher genug functioniren würde, um daraus quantitative Schlüsse ableiten zu können, das wage ich nicht zu behaupten.

Dazu kommt noch ein weiterer Fehler, der alle Horizontalnetze trifft. Wenn bei diesen Versuchen das Netz durch das Wasser gezogen wird ohne dass es Material fängt, so wird sich ein Gleichgewichtszustand herstellen, indem die Netzbahn horizontal wird. Sobald sich aber grössere Massen von Planktonmaterial auf den Poren des Netzes ansammeln, so wird dadurch die Filtrationsgrösse des Netzzeuges verringert. Dadurch wird der Widerstand des Netzes vergrössert und das Netz wird steigen. Sobald also das Netz fängt, wird an ein Constantwerden der Bahn selbst unter den günstigsten Umständen nicht mehr zu denken sein.

Aus diesen Gründen geht hervor, dass bisher noch kein Horizontalschliessnetz bekannt geworden ist, und auch noch kein Mittel zur Construction eines solchen, welches in grösserer Tiefe Fänge zu machen gestattet, deren Versuchsbedingungen einfach und genau bekannt sind und die darum als Basis für quantitative Untersuchungen dienen können.

Da in den verschiedenen Schichten aber qualitativ und quantitativ verschiedene Mengen Plankton vorhanden sind, so ist es, wie oben erwähnt, nothwendig die durchfischten Schichten ganz genau zu kennen, wenn man bezüglich der

Massenverbreitung auch nur die einfachsten Schlüsse ziehen will. Alle Fänge, die ohne diese Kenntniss der Bahn gemacht sind, können nicht als Basis für quantitative Untersuchungen dienen; sie können zwar, wie z. B. die Fänge der Challengerexpedition sehr werthvolles qualitatives Material liefern, aber sie können kein richtiges Bild über die Massenverbreitung geben.

2. Verticalfischerei.

Es ergiebt sich hieraus die Nothwendigkeit, von einer ganz anderen Versuchsbasis auszugehen. Diese Basis ist von Hensen geschaffen worden, indem er von der ungenügenden Horizontalfischerei für quantitative Zwecke vollkommen abging und die Verticalfischerei an ihre Stelle setzte [1]).

Vorzüge der Verticalfischerei. Die Versuchsbedingungen sind bei derselben so einfach, dass sie der Rechnung direkt zugänglich sind. Die Richtung der Kraft, mit der das Netz gezogen wird, und die Bahn des Netzes fallen zusammen.

Alle die vorhin aufgezählten Factoren welche die Netzbahn der Horizontalzüge zu einer complicirten, nicht berechenbaren gestalten, Gewicht, Biegsamkeit, Widerstand des Taues, Widerstand des Netzes, selbst Veränderung des Netzwiderstandes beim Oeffnen und bei der allmählichen Anfüllung des Netzes mit Material [2]) u. s. w, sind ohne Einfluss auf die Netzbahn des Verticalzuges.

Die Bahn des Netzes ist deshalb die einfachste, die es geben kann: die gerade Linie; sie ist darum sehr leicht und sicher zu bestimmen. Die Richtung der Bahn ist gegeben

[1]) Der erste, der, allerdings von ganz anderen Gesichtspunkten ausgehend, und ganz andere Ziele verfolgend, die Verticalfischerei benutzte, war meines Wissens Sigsbee (1880).

[2]) Es muss nur die Netzoberfläche im Verhältniss zur Netzöffnung gross genug sein, um selbst bei der durch die Anfüllung des Netzes mit Material bedingten Verringerung der Filtrationsgrösse noch das eingeströmte Wasser durchfiltriren zu lassen.

durch die Verticale, die Länge der Bahn wird direkt gefunden durch die Länge der ausgelassenen Leine. Die Richtung der Bahn, die Verticale, ist für die Berechnung die günstigste, weil auf ihr die Reductionen am einfachsten und leichtesten ausgeführt werden können, sie ist aber auch darum die günstigste, weil sie das *vollkommenste* Bild der verticalen Verbreitung giebt. Der Experimentator hat die Versuchsbedingungen vollkommen in der Hand, insofern als er die Tiefenschichten, die er erforschen will, nicht nur durch den Versuch selbst genau kennen lernt, sondern dass er sie auch willkürlich im Voraus bestimmen und nach Belieben, verändern kann.

Formen der Verticalfischerei. Die Ausübung der Verticalfischerei kann ebenso wie die der Horizontalfischerei nach zwei Grundmethoden stattfinden: mit offenen Verticalnetzen und mit Schliessnetzen.

Stufenfänge. Um das Verhalten verschiedener Schichten zu studieren dient bei Verticalfischerei der Stufenfang, und zwar sowohl mit dem Verticalnetz wie mit dem Schliessnetz.

Bei den *Stufenfängen mit dem offenen Netz* wird immer die ganze Wassersäule bis zu der Tiefe hin, bis zu welcher das Netz hinabgelassen wurde, durchfischt, und zwar in der Weise, dass man in immer grössere Tiefen hinabsteigt, in Stufen von 20, 50, 100, 200, 400, 500, 1000, 2000 u. s. w. Metern Tiefe. Die Differenz zwischen je zwei auf einanderfolgenden Stufenfängen giebt dann das Material, welches in

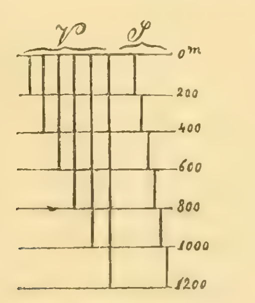


Fig. 6

dem betreffenden Raumintervall vorhanden ist. Da man die Stufen beliebig wählen kann, so kann man auch jeden beliebigen Grad der Genauigkeit auf diesem Wege erreichen. V. in Fig. 6 giebt ein Schema der Bahn von einem System solcher Stufenfänge mit offenem Verticalnetz.

Stufenfänge mit dem Verticalschliessnetz. Das diesem Zwecke dienende Hensensche Schliessnetz ist eine Umgestaltung und Vervollkommnung des von Palumbo erfundenen und von Petersen und Chun verbesserten Schliessnetzes. Dasselbe wird bei stehendem Schiff ins Wasser gelassen und senkreckt in die Höhe gezogen. Dabei öffnet es sich durch die Drehung einer kleinen durch das Wasser in Bewegung gesetzten Schiffschraube und schliesst sich nach einer Anzahl Umdrehungen derselben Schraube wieder. Dasselbe durchfischt eine verticale Wassersäule von 200 Metern Höhe. Wenn man dasselbe also nacheinander stufenweis in verschiedene Tiefen senkt, so erhält man die in Intervallen von je 200 Metern befindlichen Mengen in dem Netz. S in Fig. 6 giebt ein Schema dieser Schliessnetzstufenfänge. Ein vergleichender Blick auf die verschiedenen Bahnen Fig. 5 und 6 lässt sofort erkennen, dass nur die Verticalzüge so einfach und klar durchsichtig sind, dass sie quantitativ vergleichbar sind und daher für die rechnende Untersuchung benutzt werden können.

Unentbehrlichkeit der Verticalfischerei. Für die Bestimmung der verticalen Verbreitung der Species geben die Stufenfänge das sicherste und zuverlässigste Bild. Wenn man aber auch ganz absieht von den speciellen Fragen und nur die allgemeinsten im Auge behält, wenn man z. B. nur die Gesammtmenge aller Pflanzen, oder noch allgemeiner aller Organismen, unter einer bestimmten Flächeneinheit der Meeresoberfläche bestimmen will, so ist dies theoretisch nur mit Hülfe der Verticalfischerei nicht der Horizontalfischerei genau ausführbar.

Wie schon erwähnt und weiter unten experimentell festge-

stellt werden soll, nimmt die Menge des Planktons nach unten hin ab, aber nicht sprungweise sondern continuirlich in einem noch unbekannten Verhältniss (das erst mit Hülfe der Methode selbst gelöst werden soll.) Wenn man nun annimmt, dass bei der Horizontalfischerei das Netz, wie theoretisch gefordert wird, wirklich horizontal fischte, (eine Bedingung, die in der Wirklichkeit nicht einmal erfüllt wird) so würde durch den Horizontalzug dennoch kein Bild über die Gesammtmenge der Organismen an dieser Meeresstelle gewonnen werden. Nur mit Hülfe sehr vieler in verschiedenen Tiefen gemachter Parallelzüge, Auswerthung jedes Zuges und Interpolation der dazwischenliegenden Werthe und Berechnung der Summe liesse sich mittelst Horizontalfischerei, selbst wenn diese die Idealforderungen erfüllten die unter einer bestimmten Flächeneinheit des Meeres befindliche Menge von Organismen ermitteln und damit ein Bild über das Gesammtleben unter dieser Stelle der Oberfläche gewinnen, von einer solchen Vollständigkeit, wie sie ein einziger Tiefen-Verticalzug giebt.

Auch auf diesem umständlichen Wege ist dies Ziel nur dann zu erreichen, wenn die Abnahme des Planktonmaterials von oben nach unten eine regelmässige ist. Wenn aber, wie auch wohl behauptet worden ist, die Masse der Planktonorganismen mit dem Tageswechsel in verticaler Richtung grosse Wanderungen unternimmt, so wird die verticale Verbreitung eine sehr unregelmässige. Die Art, wie dann aber die Vertheilung wirklich ist, lässt sich dann wohl noch mit Hülfe der Verticalfischerei, aber gar nicht mehr mit Hülfe der Horizontalfischerei lösen, denn ein Horizontalzug an der Oberfläche würde z. B. möglicherweise unter diesen Umständen wenig bringen, während zur selben Zeit aus einer bestimmten Tiefe sehr viel Material heraufgebracht werden könnte, während wenige Meter tiefer wieder wenig Ausbeute erzielt werden würde. Es würde also ganz ein Spiel des Zufalls sein, ob man mittelst des Horizontalzuges viel oder wenig Material fangen würde.

Bei alleiniger Anwendung der Horizontalfischerei wird man deshalb leicht dazu kommen auf weitgehende Ungleichmässigkeit oder gar vollkommene Regellosigkeit der Vertheilung zu schliessen, wenn man nicht beachtet, dass der Ausfall lediglich durch die Unvollkommenheit der Fischereimethode begründet sein konnte.

Bei so ungleichmässiger Vertheilung, wie eben angenommen wurde, würde selbst durch eine grosse Anzahl von Parallelzügen in vorschiedenen Tiefen kein richtiges Bild über die wirklich verhandene Menge erhalten werden, weil dann die Interpolation der zwischen den Zügen liegenden Werthe nicht mehr gestattet wäre.

Ganz anders ist es bei der Verticalfischerei. Ob die Organismen in derselben Höhe bleiben, ob sie steigen oder sinken, für den Erfolg der Fischerei ist dies vollkommen gleichgültig, da wir dabei immer den Inhalt der ganzen Wassersäule bis zur durchfischten Tiefe erhalten; wir bekommen immer, wenn wir nur tief genug fischen, ein richtiges Bild über die Masse, die unter der Quadrateinheit der Oberfläche an der betreffenden Stelle sich befindet. Der Erfolg ist also vollkommen unabhängig von der Tiefenschicht, in der sich die Organismen zufällig befinden.

Dabei ist noch ganz davon abgesehen, dass es nicht ausführbar ist, die Parallelfänge an derselben Stelle in horizontaler Richtung auszuführen. Dieses würde nur irrelevant sein, wenn die Verbreitung in horizontaler Richtung auf weitere Strecken ganz gleichmässig ist; wenn sie dieses aber nicht ist, wie auch behauptet, wenn auch nicht bewiesen worden ist [1]), so kann die Horizontalfischerei schon aus diesem Grunde kein richtiges Bild über die Verhältnisse, wie sie wirklich sind, geben.

[1]) Die Planktonexpedition beweist sogar das Gegentheil, ein Beweis, der durch die früher allein übliche Horizontalfischerei allerdings nicht erbracht werden konnte.

Die zu einer Serie von Stufenfängen gehörigen Verticalfänge können aber im Gegensatz zu den Horizontalzügen fast genau an der gleichen Stelle gemacht werden. Eine Serie von Stufenfängen giebt darum ein unbedingt zuverlässiges Bild über die Menge und Vertheilung des Planktons an der bestimmten Stelle des Oceans, unabhängig vom Wechsel der Vertheilung in horizontaler Richtung. Wenn ungleiche verticale Verbreitung stattfindet, so geben die Stufenfänge dies an, wenn Ungleichheit in horizontaler Richtung vorhanden ist, so ist dies aus der Ungleichheit der Verticalzüge, die an verschiedenen Orten gemacht sind, zu ersehen. Ob und wie weit die Verbreitung also wechselt, sowohl in verticaler wie in horizontaler Richtung, das lässt sich unbedingt entscheiden mit Hülfe der Verticalfischerei; und wenn überhaupt irgend eine Regel in der Vertheilung vorhanden ist, wenn diese auch noch so complicirt ist, so wird diese sicher mit Hülfe der Verticalfischerei schwerlich durch Horizontalfischerei herauszubringen sein.

Dabei würde es kaum ausführbar sein, die für die verschiedenen zur Interpolation zu benutzenden Horizontalfänge an derselben Stelle zu machen (was für diese Frage doch wenigstens annähernd nöthig wäre), weil das Schiff dabei bedeutende Strecken sich vorwärts bewegen muss, während der Verticalzug genau das Bild dieser bestimmten Stelle giebt und selbst die Stufenfänge fast genau an derselben Stelle gemacht werden können.

Die von Hensen eingeführte Verticalfischerei ist also nicht nur in den Specialfragen der gewöhnlichen Horizontalfischerei weit überlegen, sondern sie ist theoretisch sogar die einzig mögliche zur Lösung der quantitativen Fragen.

Conservirung.

Die beim Fange in dem Eimer vereinigte Planktonmenge muss nach den bei quantitativen Analysen geltenden Regeln

d. h. möglichst ohne Verlust an Substanz conservirt werden. Diese Forderung des quantitativen Conservirens, bei dem auch selbst von dem mikroscopischen Material nichts verloren gehen darf, complicirt den Process etwas, namentlich an Bord eines stark schlingernden Schiffes, wo alle subtileren Manipulationen sehr viel grössere Schwierigkeiten bieten als im Laboratorium auf festem Boden.

Auf der Planktonexpedition wurde der Inhalt des Eimers in grössere Glasgefässe übertragen, in diesen einer Durchmusterung unterzogen und die makroscopischen Thiere und die Schleimfetzen [meist Radiolarien] welche die übrigen Bestandtheile beim Concentriren des Fanges miteinander verklebt haben würden, mittelst Glaspipetten herausgehoben und gesondert conservirt. Der Rest, das Gros des eigentlichen Plankton bildend, wurde in die Hensenschen Filtratoren übertragen und darin concentrirt.

Die auf möglichst wenige Cubiccentimeter zusammengezogene Flüssigkeitsmenge wurde nun in Glasgefässen mit Pikrinschwefelsäure oder Sublimat fixirt. Dann musste sie aus der Fixirungsflüssigkeit in Alkohol übertragen werden und die Fixirungsflüssigkeit möglichst ausgewaschen werden. Es ist natürlich unstatthaft, dieses nach der für grössere zoologische Objekte gebräuchlichen Methode durch Decantiren auszuführen, da hierbei mikroscopisches Material verloren gehen würde. Die Operation wurde deshalb in Glaskugeln ausgeführt, welche zwei nach Einfüllung des Fanges mit Seidengaze geschlossene Oeffnungen besitzen. Mittelst eines durchfliessenden Stromes von Wasser-Alkohol wird darin der Fang ohne den geringsten Verlust an mikroscopischem Material ausgewaschen und in Alkohol übertragen.

Während der Seefahrt wurde der Fang auch in diesen Kugeln unter Alkohol aufbewahrt. Die weitere Bearbeitung des Fanges geschieht am Lande.

Auswerthung des Fanges.

Die bisher erwähnten Arbeiten hatten nur den Zweck das Material zu liefern, das jetzt am Lande verarbeitet werden soll. Es fragt sich nun; wie muss dies geschehen?

1. Qualitativ.

Nach dem bisher immer gebräuchlichen Schema wurde der Fang qualitativ untersucht, d. h. es wurden die darin enthaltenen Formen bestimmt und soweit sie neu waren, beschrieben. Dasselbe wird natürlich auch mit dem Material der Planktonexpedition geschehen; insofern sind die Arbeit der letzteren und die von ihr zu erhoffenden Resultate ganz analog denjenigen der früheren Expeditionen.

II. Quantitativ.

Die « quantitativ » gemachten Fänge gestatten aber ausserdem noch weitere Fragen zu lösen durch Bestimmung der Masse des Fanges.

A. Totalmasse.

Um die Totalmasse zu bestimmen giebt es zwei Wege, 1) die Bestimmung des Volumens. 2) die Bestimmung des Gewichts. Hensen hat beide Wege schon betreten und die Grenzen ihrer Anwendbarkeit geprüft. Er hat gezeigt dass allein für sich keine von beiden Methoden genügt, weil erstens ihre Bestimmung zu ungenau ist, und ferner, weil sich mit ihnen nicht alle Fragen entscheiden lassen, welche andere Methoden lösen können. In Combination mit der Methode der Zählung sind sie jedoch sehr werthvolle Hülfsmittel.

a) Die Volumenbestimmung.

Sie kann nach verschiedenen Methoden ausgeführt werden, giebt dann aber verschiedene Werthe. Das Wort « Volumen » hat demgemäss verschiedene Bedeutung. Es dürfte

sich deshalb empfehlen, dieses auch schon im Namen auszudrücken. Ich will im Folgenden die Volumenarten praecisiren als « Rohvolumen, dichtes, wirkliches und absolutes Volumen. »

1) Rohvolumen.

Durch 24 stündiges Absetzenlassen des in einem Messcylinder in Alkohol aufgeschwemmten Fanges und Ablesen des Volumens des Bodensatzes erhält man eine Grösse, welche nicht direkt das Volumen der Organismen angiebt, da zwischen den einzelnen Theilen des locker aufgeschwemmten Materials ziemlich beträchtliche Wassermengen zurückbleiben. Ich nenne dieses das « Rohvolumen ». Man erhält damit noch kein richtiges Bild über den absoluten Werth der Masse, und kann darum die verschiedenen gefundenen Werthe nicht direkt miteinander vergleichen, aber bei gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung des Fanges setzt sich derselbe auch gleichmässig ab, und die wahren Volumina verhalten sich dann annähernd ebenso wie die Rohvolumina.

Man erhält also in diesem Falle sehr gute relative Werthe, die miteinander vergleichbar sind. Bei verschiedener Qualität des Fanges giebt aber gleiches « wirkliches Volumen » verschiedene « Rohvolumina ». Bei stark von einander abweichender Qualität des Fanges geben die Rohvolumina demnach kein zuverlässiges Bild über die Verhältnisse der wirklichen Volumina. Da aber jede Verschiedenheit in Qualität wie Quantität sich in Ungleichheit der Rohvolumina ausdrückt, so ist die Bestimmung der Rohvolumina immer ein feines Reagens auf eintretende Unterschiede. Gleichheit oder geringe Abweichungen der Rohvolumina deuten mit grosser Sicherheit auf qualitative und quantitative Gleichheit, der verschiedenen Fänge; Ungleichheit der Rohvolumina zeigt dagegen einstweilen nur qualitative oder quantitative Ungleicheit des Materials an, ohne ein Maass abzugeben, wodurch diese Ungleichheit bedingt wird; dazu sind dann noch weitere Ermittelungen nöthig.

Die Bestimmung der Rohvolumina giebt verhältnissmässig sehr genaue Werthe, wenn grössere Volumina vorliegen;

bei kleinem Volumen ist die Bestimmung dagegen relativ sehr ungenau.

2) Dichtes Volumen.

a) Bestimmung durch Verdrängung. Die Thiere oder Pflanzen werden in einen Messcylinder mit Flüssigkeit eingetragen und die Zunahme des Volumens an der Scala abgelesen. Man erhält dadurch das Volumen der wirklichen Organismen vermehrt um das Volumen der capillar oder oberflächlich anhaftenden Flüssigkeit. Diese Bestimmung giebt im Groben angenäherte «wirkliche Volumina», sie giebt aber ungenauere relative Werthe und ist mit Vortheil nur für makroscopische Körper anwendbar.

b) Die Bestimmung durch Absaugen ist die umgekehrte Methode wie die vorige.

Das Volumen der den aufgeschwemmten Fang enthaltenden Flüssigkeit wird gemessen, dann die Flüssigkeit abfiltrirt und wieder gemessen. Die Differenz giebt das dichte Volumen des Fanges. Die Methode ist auch für Fänge, die aus mikroscopischem Material bestehen, anwendbar, sie giebt aber nach den Versuchen von Hensen zu ungenaue Werthe, als dass sie mit Vortheil anwendbar wäre.

3) Wirkliches Volumen.

Das Volumen der Organismen [d. h. die Summe ihrer Volumina] für sich allein, ohne mechanisch anhaftende Flüssigkeit wäre dadurch zu bestimmen dass man das mittlere Volumen eines Individuums jeder Species ermittelte, dann mit der durch Zählung ermittelten Anzahl der Individuen multiplicirte. Die Summe der erhaltenen Producte würde das wirkliche Volumen des Fanges darstellen. Die Bestimmung ist zu schwierig und zu zeitraubend, als dass sie bisher hätte ausgeführt werden können. Sie ist auch entbehrlich, da sie durch andere Methoden ersetzt wird.

4) Absolutes Volumen.

Das Volumen der Trockensubstanz, das ich als absolutes Volumen bezeichnen möchte, würde von den Volumenbe-

stimmungen das vollkommenste Bild von der Totalmasse einzelner Planktonfänge geben. Dasselbe konnte jedoch von dem Material der Planktonexpedition nicht bestimmt werden. In einer späteren Arbeit gedenke ich auf diese Frage zurückzukommen.

b) Gewichtsbestimmung.

Die Gewichtsbestimmungen würden, wenn sie sicher ausführbar wären, das beste Maass der Totalmasse abgeben. Hensen hat jedoch gezeigt, dass dieselben nur ungenau ausführbar sind, und da sie nach den bisher bekannten Methoden nicht ausgeführt werden können, ohne das Material zu opfern, so konnte diese Bestimmung mit dem Material der Planktonexpedition, das zu kostbar ist, als dass es dieser einen Bestimmung geopfert werden dürfte, nicht ausgeführt werden.

B. Masse der einzelnen Theile.

Die Bestimmung der Gesammtmasse des Fanges lässt schon gewisse werthvolle Schlüsse zu. Wie jedoch oben schon gezeigt wurde, ist es nothwendig nicht nur die Totalmasse sondern auch die der einzelnen Componenten des Plankton zu bestimmen, einestheils weil diese Bestimmung viel genauer ausführbar ist, dann aber auch, weil gerade die wichtigsten Fragen der Meeresbiologie erst mit Hülfe dieser Bestimmung gelöst werden können.

Zählung.

Der zwar beschwerliche aber dennoch einzig mögliche Weg um dieses Ziel zu erreichen ist, der der Zählung. Es ist die Zahl der Individuen jeder Species in jedem einzelnen Fange zu ermitteln. Selbstverständlich wird Niemand, der ein Verständniss für quantitative Fragen hat, glauben, dass es nöthig sei, den ganzen Fang durchzuzählen. Es wird natürlich nur ein aliquoter Theil, dessen Grösse nach den Regeln der grösst-

möglichen Wahrscheinlichkeit gewählt wird, wirklich durchgezählt und durch Rechnung daraus die Gessammtgrösse ermittelt.

Das Princip dieser Zählmethode ist so allgemein bekannt und bewährt [z. B. bei der Blutkörperchenzählung], dass darüber kein Wort weiter zu verlieren ist. Die Ausführung ist aber für diesen Specialfall mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass einem oberflächlichen Beschauer die Zählung kaum möglich oder doch kaum lohnend erscheint, und dennoch ist sie sehr gut ausführbar mit Hülfe der von Hensen für diesen Zweck erdachten Methoden und Apparate.

Um die Zählung auszuführen wird der ganze Fang, dessen scheinbares Volumen schon bestimmt ist, in Wasser aufgeschwemmt, das Volumen des Ganzen gemessen, und, während der Fang darin durch Schütteln gleichmässig vertheilt ist, wird mit Hülfe einer genau calibrirten Hensenschen Stempelpipette, wovon eine Serie für Massen von 0,1 bis 2,5 ccm. vorhanden sein muss, ein bestimmtes Volumen herausgehoben und auf den Objekttisch des Zählmikroscops gebracht. Dieses letztere ist ein von Hensen eigens für diesen Zweck construirtes und mit allen zu dieser Untersuchung nöthigen Feinheiten versehenes Instrument, dessen Objektträger aus einer grossen in der Horizontalebene in zwei aufeinander senkrechten Richtungen beweglichen Spiegelglasplatte besteht. Auf dieser Platte, die mit einem System von feinen parallelen Linien bedeckt ist, wird die abgemessene Quantität des Fanges ausgebreitet, und nun bei feststehendem Mikroscoptubus und bewegtem Tisch nach und nach durch das Gesichtsfeld geführt, wobei die Parallellinien der Platte als Führung dienen, damit kein Theil des Fanges übersehen werden kann. Die zwischen je zwei Linien der Platte liegenden Individuen, Pflanzen wie Thiere, werden dann gezählt.

Da oft hundert und mehr Species zugleich gezählt werden müssen, so übersteigt dieses das menschliche Zahlengedächniss; wird die Zählung aber doch möglich gemacht durch eine,

einem Setzerkasten ähnliche Einrichtung, in der jedes Fach je einer Species entspricht. Für jedes zu zählende Individuum wird dann eine Marke in das betreffende Fach des Setzerkastens geworfen. Durch Auszählung des Inhalts der einzelnen Kästen und Umrechnung auf den ganzen Fang wird daraus die Zahl der Individuen jeder Species, die in dem ganzen Fange enthalten, gefunden.

Auf diese Art löst sich die Frage in zwar nicht müheloser aber doch relativ einfacher Weise. Das ganze Verfahren kann ein Muster genannt werden dafür, wie eine Aufgabe, die ein der physiologischen Experimentirkunst nicht Kundiger für eine Danaidenarbeit zu halten geneigt ist, mit Hülfe exakter Fragestellung, sinnreicher Apparate und gewissenhafter Handhabung leicht und glatt gelöst wird.

III. Anwendung der Methodik.

Experimentelle Prüfung der Methodik.
a. Expeditionen und Excursionen.

Nachdem wir in den beiden vorigen Kapiteln die theoretische Begründung der von Hensen eingeführten quantitativen Planktonforschung besprochen haben, hönnen wir uns jetzt dazu wenden, auch die praktische Anwendbarheit derselben zu prüfen. Ob die Hensensche Methode praktisch das leistet, was theoretisch von ihr zu fordern ist, das ist eine Frage, die nur durch den Versuch entschieden werden hann. Zur dieser Entscheidung diente eine Reihe von kleineren und grösseren Expeditionen, auf denen nach der Hensenschen Methode gearbeitet wurde, und die den Beweis geliefert haben, dass die Methode auch wirklich praktisch vorzüglich sich bewährt.

Vorversuche. Schon die Entstehungsweise der Methodik war mit einer fortwährenden praktischen Prüfung

verbunden. Denn wie sich von einer Methode, die so grosse, umfangreiche Aufgaben zu lösen hat, nicht anders erwarten lässt, ist dieselbe nicht auf einmal, wie mit einem Schlage, geschaffen worden, sondern schon seit fast zwanzig Jahren arbeitet Hensen mit immer erneuten Versuchen and der Ausbildung und Vervollkommnung dieser quantitativen biologischen Methodik. Die Untersuchung wurde zuerst mit der quantitativen Erforschung einzelner Planktonformen (Fischeiern) begonnen und nach und nach über grössere Gruppen ausgedehnt, und erst nach langjährigen Versuchen war die Methodik so weit gereift, dass nun alle Planktonorganismen quantitativ bestimmt werden honnten. Eine kurze Darstellung des Entwicklungsganges dieser Studien giebt Heincke in seiner Schrift: Die Untersuchungen von Hensen über die Produktion des Meeres an belebter Substanz [1]).

Kleinere Expeditionen. Seitdem wurde die Methode auf einer Reihe von kleineren und grösseren Expeditionen mit Exfolg angewandt. 1883-85 führte Hensen eine Serie von 34 kleineren Expeditionen in die westliche Ostsee aus, um die monatlichen Schwankungen des Planktongehaltes dieses Meeresabschnittes zn erforschen.

Die Holsatia-Expedition von 1885 war die erste grössere Fahrt zur Erprobung der Methode. Dieselbe ging von Kiel aus durch den Belt, Kattegat, Skager Rack, durch die Nordsee, und den Pentland-Firth, westlich von den Hebriden in den atlantischen Ocean hinein, wo das Planktonnetz zum ersten Mal auf eine Tiefe von 2000^{m} gezogen wurde. An der Fahrt nahmen theil ausser Hensen, dem Leiter der Expedition, Prof. Benecke, Dr. Heincke, Prof. K. Möbius und ich [2]).

[1]) Mittheilungen der Section für Küsten-und Hochseefischerei, 1889, p. 35.

[2]) Die Resultate derselben sind niedergelegt in den Berichten der Commission zur Unters. d. d. Meere von 1887.

Die zweite Holsatia-Expedition die Hensen 1887 leitete, ging in die östliche Ostsee von Memel aus nach der Gotland-,Mittel-und Stolperbank. Die Theilnehmer anderselben waren ausser Hensen Prof. Brandt, Dr. Heincke, und Dr. Pankritius [1]).

Im Winter 1888-89 machte ich im Auftrag der Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Golf von Neapel wiederholt quantitative Fänge mit dem Hensenschen Planktonnetz.

Seit September 1888 machten ferner die Herren Prof. Brandt und Dr. Apstein monatliche Planktonfahrten in der Kieler Bucht zum Zweck der Bestimmung der jährlichen Schwankungen des Planktons, Versuche, die jetzt noch fortgesetzt werden.

Alle diese Versuche waren, mit Ausnahme der letzten Station der ersten Holsatia-Exspedition, im Gebiet der Küsten gemacht worden. Die Planktonverhältnisse der Küsten werden aber stets durch lokale Bedingungen beeinflusst. Sie sind infolgedessen viel complicirter und undurchsichtiger als die der Hochsee. Sie dürfen deswegen auch, so weit sie die Massenverhältnisse der Planktonorganismen betreffen, nicht auf die hohe See übertragen werden. Sie sind zwar werthwoll als Vorarbeiten für die Hochseestudien, aber sie dürfen dennoch nicht als Funde von allgemeiner Gültigkeit son dern nur als Ausdruck der an dem betreffenden Ort, wo sie gemacht worden sind, bestehenden lokalen Verhältnisse betrachtet werden. Die Massenverhältnisse der Hochsee verlangen also eine gesonderte Behandlung für sich.

Plankton-Expedition. Die Methodik hat demnach ihre Aufgabe nicht nur an der Küste, sondern auch an der Hochsee zu lösen. Sie muss daher auch für letztere praktisch erprobt werden. In den zahlreichen erwähnten Fällen war sie für die Küstenverhältnisse genügend ausprobirt und auf einer Station

[1]) Ber. d. Commission zur Unters. d. d. Meere 1890.

der letzten Holsatia-Expedition war ihre Anwendbarkeit auch für die Hochsee festgestellt. Es handelte sich jetzt, nachdem die Methode gesichert war, darum, die grosse Probe anzustellen, die eigentliche Untersuchung auf die Hochsee auszudehnen. Dieser Aufgabe diente die Plankton-Expedition von 1889, an der ausser Prof. Hensen, dem Leiter der Expedition, noch Prof. Brandt, Dr. Dahl, Prof. Krümmel, Prof. Fischer, der Maler Eschke und ich theilnahmen. Die Fahrt ging von Kiel aus auf dem Wege der ersten Holsatia-Expedition um Nord-Schottland herum, westwärts auf Cap Farvel (Grönland) zu, dann südwestwärts nach den Bermuda-Inseln, darauf anfangs östlich, dann südöstlich und südlich durch die Sargasso-See nach den Cap-Verdischen Inseln und Ascension, darauf westlich nach der Mündung des Amazonen-Stroms und nun in fast gerader Linie über die Azoren durch den Kanal zurück nach Kiel. Ueber den genaueren Verlauf der Fahrt und ebenso über das Datum der einzelnen Fangstationen giebt die am Schluss beigegebene Karte Auskunft.

b. Volumen-Bestimmungen.

In den folgenden Tabellen gebe ich die Volumenbestimmungen der Planktonfänge von der Planktonexpedition und von meinen Ausflügen mit dem «Johannes Müller» im Golf von Neapel. Letztere sind in ihrer Totalmasse gemessen, die ersteren sind, wie oben angegeben, auf der Expedition selbst in mikroskopisches Material, Schleim und makroskopische Thiere getrennt worden. Jeder dieser Theile ist für sich conservirt und gemessen worden. Im Anhang Tabelle 1, 3 und 4 sind die gefundenen Werthe zusammengestellt. Es bedeutet in diesen Tabellen

v_1 = mesoskopisches und mikroskopisches Material.
v_2 = Schleim (meist Radiolarien etc.).
v_3 = makroskopische Thiere. (Salpen, Doliolum, Quallen etc.)

Die Rubrik v_3, das makroskopische Material enthaltend, zeigt eine grössere Unregelmässigkeit. Es ist dies in der Natur der Sache begründet. Die grösseren Thierindividuen sind in geringerer Zahl vorhanden als die kleineren; da sie aber über denselben Raum vertheilt sind, so kann nicht jeder Netzzug, der nur ein Gebiet von 0,1 qm Oberfläche durchfischt, Exemplare derselben fangen. Die Beurtheilung der gefangenen Volumina muss also geschehen unter Berücksichtigung des Inhalts, und bei der Volumenvergleichung ist es geboten, die grösseren Formen, die naturgemäss nicht mit der gleichen Regelmässigkeit gefangen werden können wie die kleineren Formen, auszuschliessen und bei der Vergleichung auf die letzteren sich zu beschränken, die grösseren Formen dagegen späteren Untersuchungen zu überlassen.

Bezüglich der Bestimmung der Volumina ist zu bemerken, dass sämmtliche Messungen « Roh-Volumina » nach der oben gegebenen Definition geben, mit Ausnahme der makroskopischen Wesen v_3, welche durch Verdrängung bestimmt werden mussten. Zu den gegebenen Zahlen v_1, v_2, v_3, habe ich weiter zu bemerken, dass dieselben die direkten Versuchsresultate sind. Reduktionen zur Ausgleichung der Fehler der Methode sind dabei noch nicht angewandt, und zwar, wie ich glaube ohne Schaden für die Resultate, da der Werth der mitgetheilten Messungen nicht in den absoluten Grössen, sondern in der Vergleichbarkeit der verschiedenen Grössen zu suchen ist. Wie aus den früheren Auseinandersetzungen hervorgeht, geben die Volumenmessungen nicht absolute, sondern nur relative Werthe, die hinter den absoluten um einen gewissen Prozentsatz zurückbleiben, so dass sämmtliche Zahlen Minimalwerthe darstellen.

c. Fehler der Methode.

Wie alle Experimente sind natürlich auch die angeführten mit gewissen Fehlern behaftet. Um ein Bild zu erhalten

über den Grad der Zuverlässigkeit der mitgetheilten Versuchsresultate und über die Schlüsse, die aus diesen gezogen werden dürfen, ist es nothwendig, die Fehlerquellen und die Fehlergrösse ins Auge zu fassen.

1. Fehlerquellen.

1. Kleinste Formen. Es wurde früher als Forderung hingestellt, dass das Netzzeug fein genug sei, um dadurch auch die kleinsten Lebewesen abzufiltriren. Ist nun diese Forderung nicht erfüllt, sondern ist das Netzzeug zu weit, so giebt es kein absolutes Vegetationsbild, sondern dasselbe ist nur bis zu dem Grade zuverlässig, als die Feinheit des Netzzeuges reicht.

Dieser Fehler ist praktisch nicht absolut zu vermeiden. Es ist nicht möglich, die Forderung zu erfüllen, die Untersuchung auch auf die allerkleinsten Organismen, z. B. die Bakterien, auszudehnen. Denn wenn man ein Netz construiren wollte, welches selbst diese kleinsten Wesen fängt, so würde dadurch die Filtrationsgrösse so sehr reducirt werden, dass man entweder so geringe Mengen fangen würde, dass sie nicht mehr quantitativ auswerthbar wären, oder aber der Apparat würde nicht mehr handlich sein. Man muss sich also mit einem praktisch erreichbaren Resultat begnügen und dann fragen: wie weit sind wir von dem gewünschten Ziele entfernt? Die angewandte Maschenöffnung des Planktonnetzes betrug 0,0025 qmm. Durch dieses Netz können Bakterien noch hindurchgehen. Die mikroskopische Musterung der Fänge zeigt aber, dass selbst die kleinen Diatomeen mit Ausnahme vielleicht der allerkleinsten Formen, welche unvollständig gefangen werden, von dem Netz zurückgehalten werden. Bis zu dieser Kleinheit der Organismen herab dehnt sich also die vorliegende Untersuchung nur aus. Für die allerkleinstene benso wie für die makroskopischen grösseren

frei beweglichen Formen reicht sie nicht aus. Die Untersuchung dieser beiden Kategorieen verlangt eigne Untersuchungsmethoden.

Berücksichtigung der kleinsten Formen. Es wäre nun der Einwurf möglich, dass vielleicht gerade die allerkleinsten Formen, die wir nicht mehr gefunden haben, die hervorragendste Rolle in dem Planktonleben spielen. Für eine solche Annahme liegen aber bisher gar keine Gründe vor; vielmehr deuten die bisherigen Untersuchungen darauf hin, dass die Formen, die zu klein sind, als dass sie der Methode zugänglich wären, an Masse nicht besonders hervortreten. Denn sonst würden sie unter dem Mikroskop bei Untersuchung des Meerwassers gefunden worden sein. Man weiss aber von einem Massenvorkommen von Formen solcher Kleinheit noch nichts. Also ist auch mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass man, wenn man die Untersuchung bis zu denjenigen Diatomeenformen ausdehnt, welche wirklich gefangen werden können, man damit die Grenze erreicht hat, die praktisch von Werth ist. Weiter zu gehen würde sich kaum verlohnen.

2. Specielle Berücksichtigung der Bakterien. Die erwähnte Unsicherheit bezieht sich übrigens wesentlich auf hypothetische Pflanzen-oder Thierformen, denn für die Formen, welche als die kleinsten bekannt sind, die Bakterien, wurde auf der Planktonexpedition selbst der objektive Beweis geliefert, dass ihre Masse heine hervorragende Rolle im Meere spielt. Es wurden nämlich auf der Planktonexpedition auch selbst die Bakterien in den Kreis der quantitativen Untersuchung hineingezogen. Der Bakteriologe Prof. Fischer hatte diese Domaine auf der Expedition inne, indem er nach seinen eignen Methoden die verschiedenen Meeresabschnitte auf ihren Gehalt an Bakterien quantitativ untersuchte.

3. Fangfähigkeit des Netzes. Eine zweite mögliche Fehlerquelle könnte die sein, dass die Netzfläche nicht gross genug sei, um die grosse Masse der Organismen aus

der durchzogenen Flüssigkeitssäule abzüfiltrieren, ohne sich schon während des Zuges zu verstopfen. Dass diese Befürchtung jedoch nicht gerechtfertigt ist, lässt sich am augenscheinllchsten demonstriren, wenn man die Grösse der verschiedenen Fänge des Planktonnetzes mit einander vergleicht. Der grösste Fang, der auf der Planktonexpedition gemacht wurde, betrug 241 ccm. Der Fang dauerte cr. 13 Minuten. Hier in der Ostsee sind mit demselben Netz in einer viel kürzeren Zeit sogar bis zu 1645 ccm. gefangen worden. Die meisten Fänge der Planktonexpedition sind bedeutend kleiner. Wir haben noch ein paar Fänge mit dem einigermassen bedeutenden Volumen von 208, 162, 156, 103, und 68 ccm. Die übrigen sind noch bedeutend geringer, 20, 10, 5, 2 etc. Nun müssen wir schliessen, dass ein Netz, dessen Fangfähigkeit gross genug ist, um 1645 ccm. zu fangen, wohl sicher auch ausgereicht haben würde, um auf der Planktonexpedition ohne sich zu verstopfen mehr als 241 ccm. zu fangen, wenn mehr vorhanden gewesen wäre. Es ist also anzunehmen, dass das Netz diese Wassersäule richtig durchfischt habe, wie viel mehr musste es bei den meist viel geringeren Mengen, die an den meisten Oceanstationen gefunden wurden, die Säule richtig ausgefischt haben. Wenn also weniger gefangen wurde als 1645 ccm. (meist 2 — 20 ccm.), so ist der Grund also wohl sicher nicht in der Unfähigkeit des Netzes grössere Mengen aus der durchstreiften Wassersäule herauszufischen zu suchen, sondern darin, dass an diesen Orten nicht mehr vorhanden war, als gefischt worden ist. Die genügende Fangfähigkeit des Netzes dürfte damit erwiesen sein.

4. Bewegung des Schiffes. Ein Fehler, der leicht eintreten kann und namentlich bei stürmischem Wetter auf hoher See den Fang ausserordentlich erschwert, ist durch die unbeabsichtigte Bewegung des Schiffes, das, um die theoretische Forderung zu erfüllen, vollkommen still stehen müsste, bedingt. Durch Aufhängung der Netze an Accumulatoren und durch geschickte Manoevrirung des Schiffes ist dieser Fehler

auf eine möglichst geringe Grösse herabzumindern, vollkommen wird er sich jedoch nicht vermeiden lassen, sondern muss als unvermeidliche kleine Fehlergrösse mit in den Kauf genommen werden. Aus der Richtung des Taues d. h. dem Winkel, den dasselbe mit der theoretisch geforderten Verticalen macht, lässt sich übrigens erkennen, wie weit die theoretische Bedingung erfüllt worden ist. Bei stürmischem Wetter und bei weniger geschickter Schiffsführung kann der Versuch, das Schiff möglichst auf einer Stelle zu erhalten, missglücken. Wenn der dadurch entstandene Fehler so gross ist, dass er sich nicht durch Rechnung ausgleichen lässt, so ist der Fang als quantitativer Fang nicht zu verwenden, sondern muss aus der Reihe der Vergleichsfänge ausgeschaltet werden. Ein Beispiel für diesen Fall giebt der Planktonfang X 9 in Tabelle 4. Bei dem Fange wurde das Schiff so weit abgetrieben, dass das Netz schräg statt senkrecht durch das Wasser gezogen wurde. Die natürliche Folge davon war, dass das Netz einen grösseren Weg durch die oberflächlichen Schichten machte und die Planktonmenge demgemäss zu gross ausfallen musste.

5. Fremdkörper. Die Volumenmessungen sind noch einer weiteren Fehlerquelle unterworfen, die bedingt wird durch Fremdkörper (Zeugfetzen, Taufetzen, Kohlenstückchen, Stückchen losgelösten Lackes aus dem Fangeimer, Sand aus dem Fluss etc.), welche leicht unter das Planktonmaterial gerathen können und dann die Messungen ungenau machen. Dieser Fehler hat jedoch nur Einfluss auf die Plankton-Messungen; bei den später auszuführenden Zählungen wird derselbe eliminirt. Wie in anderen Punkten, so zeigen die Zählungen auch in dieser Beziehung ihre Ueberlegenheit über die anderen Untersuchungsmethoden.

6. Verluste. Der Fang muss mehrere Male von Filtern abgelöst und übertragen werden, zuerst vom Netz in den Eimer, dann in den Filtrator, dann in Gläser u. s. w. Wie alle quantitativen Operationen nicht vollkommen, sondern stets

mit einem, wenn auch geringen, Verlust behaftet sind, so sind auch die Planktonübertragungen von einem Gefäss in das andere, da es sich um mikroskopisches Material handelt, nicht ohne jeden Verlust auszuführen. Ein gewisser Verlust an dieser Stelle wird zu den unvermeidlichen Fehlern der Methode zu rechnen sein. Wie bei chemischen Analysen kann aber durch sorgfältiges quantitatives Arbeiten der Verlust auch bei den Planktonanalysen auf ein so geringes Maass beschränkt werden, dass der Erfolg der Analyse dadurch nicht beeinträchtigt wird.

7. Ablesungsfehler. Ein stets zu befürchtender Fehler liegt in der Ungenauigkeit der Volumenablesungen. Die Volumina setzen sich nicht so scharf und gleichmässig im Messcylinder ab, dass man dieselben mit derselben Sicherheit ablesen kann, wie etwa eine Wasser-oder Quecksilbersäule. Der mögliche Fehler der Ablesung ist deshalb ziemlich bedeutend und daher auch für kleine Volumina, procentisch berechnet, sehr gross. Es kann je nach der Art des Planktonmaterials die Ablesung der viertel, halben, eventuell der ganzen Cubiccentimeter noch ungenau sein. Es ist eine praktische Frage, wie weit man in der Genauigkeit gehen will und wie weit man gehen muss, damit der erreichte Grad genügt, um mehr oder minder werthvolle Schlüsse daraus zu ziehen. Bei den vorliegenden Messungen wurden vielfach nur die halben, wo es anging, auch die viertel und selbst die zehntel ccm. abgelesen. Da diese aber nicht mehr genau sind, so sind sie, um nicht den Schein grösserer Genauigkeit, als wirklich vorhanden ist, zu erwecken, gewöhnlich auf halbe resp. auf ganze ccm. abgerundet. Bei kleinerem Volumen ist der mit der Ablesung verbundene Fehler procentisch zwar recht gross; die Untersuchung der erhaltenen Werthe, namentlich die Bestimmung des Totalfehlers der Methode lehrt jedoch, dass trotzdem die Werthe genau genug sind, um eine Reihe wichtiger Schlüsse aus ihnen zu ziehen. Um genaue Werthe zu erhalten, muss man auf die Zäh-

lung zurückgehen, deren Resultate erst später veröffentlicht werden können.

Hinsichtlich der Ablesungen habe ich noch zu bemerken: Von dem Bestreben ausgehend, die subjektiven Fehler möglichst zu vermeiden, habe ich die Volumina der verschiedenen Fänge ganz ausser der Reihe bestimmt, und ferner, solange ich diese Bestimmungen machte, gar keine Vergleichung der gefundenen Werthe angestellt. Ich konnte also auch nicht wissen, ein wie grosses Volumen an jeder Stelle zu erwarten war. Es war dadurch unmöglich gemacht, dass die Ablesung durch vorgefasste Meinung des Untersuchers beeinflusst wurde. Diese Vorsicht scheint zwar etwas übertrieben, sie gewährt aber ein Gefühl der Sicherheit, das bei der Schwierigkeit der Volumenbestimmung des vorliegenden Materials nicht zu unterschätzen ist.

2. Bestimmung der Fehlergrösse.

Alle die vorhin erwähnten Fehler vereinigen sich, um das Fangvolumen möglichst ungleich zu machen. Durch das Experiment ist es nun zu entscheiden, ob trotz dieser Fehler die erhaltenen Werthe für Schlüsse überhaupt brauchbar sind; und durch diese Bestimmung der Fehlergrösse erhalten wir erst Aufschluss, für welche Schlüsse die gewonnenen Resultate verwendet werde können. Die Bestimmung der Einzelfehler ist schwer auszuführen, da es aber beim Gesammterfolg nur auf den Totalfehler ankommt, so genügt es auch, diesen zu bestimmen. Bezeichne ich mit F den Totalfehler der Methode, und f die Einzelfehler, wobei dann fg der Fehler ist, der bedingt ist durch die in der Bewegung des Schiffes liegende Unvollkommenheit des Fanges, fn der Fehler durch die Unvollkommenheit des Netzes, fc der Fehler durch Verlust beim Conserviren und fv der Fehler der Volumenablesung, so ist $F = fg + fn + fc + fv$.

Um den Grad der Genauigkeit der Methode zu bestimmen,

hat Hensen in den Jahren 1883 und 84 in der westlichen Ostsee Doppelfänge gemacht, indem er an derselben Stelle mit dem Schiff stilliegend unmittelbar hintereinander wenigstens zwei Mal das Netz zog. Die Differenz der beiden Fänge giebt für diese Fangserie den Fehler der Methode vermehrt um eine kleine Grösse « fu » die dadurch bedingt wird, dass bei treibendem Schiff dieses beim zweiten Fang, der nach einer Pause von einigen Minuten gemacht wurde, nicht mehr genau an derselben Stelle lag, oder dass bei ankerndem Schiff durch Wasserversetzung beim zweiten Fang eine andere Wassermasse unter dem Schiffe lag. Und wenn man nun annimmt, dass in dieser Wassermasse verschiedene Vertheilung des Planktons vorhanden war, so giebt dies eine kleine Fehlergrösse, welche den Fehler der Methode als um fu zu gross erscheinen lässt. Dass diese Grösse fu aber von ganz sekundärer Bedeutung ist, und darum nicht wesentlich für die Schlüsse in Rechnung kommt, ergiebt sich aus dem weiteren Vergleich der Versuchsresultate, indem der Fehler der Methode selbst dann, wenn wir diesen eigentlich ausserhalb der Methode liegenden Fehler fu zum « Fehler der Methode » hinzurechnen, dennoch praktisch brauchbare Werthe giebt. Der Fehler jedes einzelnen Fanges, aus diesen Doppelfängen ermittelt, würde dann also sein $F = fg + fn + fc + fv + fu$. Die 54 Fänge, die Hensen 1883-84 gemacht hat, geben 54 Werthe für F. Aus diesen 54 Fehlern habe ich nach der Methode der kleinsten Quadrate den mittleren Fehler berechnet und erhalte dabei der unten verzeichneten Werth als mittleren Werth der Methode für je einen Fang = Fm. Von den 54 Fängen sind 40 Doppelfänge; zwei Mal wurden 3 Fänge an derselben Stelle gemacht und ein Mal 8 Fänge. Aus diesen berechnet sich

der durchschnittliche Fehler $= 12{,}8\ \%$

der mittlere Fehler $\pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} = 19{,}7\ \%$

der wahrscheinliche Fehler $= 13{,}3\ \%$

Wie Hensen schon angeführt hat, sind in der Bestimmungsreihe zwei sogenannte « grobe » Fehler, die bei der Berechnung des mittleren Fehlers der Methode eigentlich nicht benutzt werden sollten. Wenn man dieselben ausschaltet, so wird der Fehler der Methode noch etwas kleiner, um aber keine willkürliche Auswahl der Versuchswerthe zu treffen, werde ich bei den unten folgenden Berechnungen den direkt gefundenen Fehler ohne Ausschaltung der groben Fehler gebrauchen. Wegen der resultirenden geringen Differenz bleibt es für das Resultat dieser Berechnung übrigens ganz gleichgültig, welche von beiden Fehlerberechnungen man benutzen will.

Wie Hensen schon gezeigt hat, genügt die gefundene Genauigkeit der Methode vollkommen für die beabsichtigten Versuche. Die Versuche, die dieser Fehlerbestimmung zu Grunde liegen, wurden in der flachen westlichen Ostsee mit nur circa 20m Tiefe gemacht. Für die Anwendbarkeit der Methode auf den Ocean ist es aber wichtig zu constatiren, dass dieselbe auf der hohen See auch in der gleichen Weise functionirte. Auch dieses ist empirisch geprüft worden und zwar auf zweierlei Weise.

Fehlerbestimmung im Golf von Neapel. Bei meinen oben erwähnten Fahrten im Golf von Neapel mit dem Dampfer « Johannes Müller » habe ich in der gleichen Weise wie Hensen in der Ostsee eine Anzahl Vergleichsfänge gemacht. Die gefundenen Volumina sind im Anhang Tabelle zusammengestellt. Aus den 12 aufeinanderfolgenden Parallelfängen ergeben sich Differenzen, die alle innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler der Volumenablesung liegen. Eine grössere Genauigkeit ist nicht zu erwarten und zu verlangen. Nach diesen Versuchen berechnet ergeben sich folgende Werthe: mittlerer Fehler = 7,1 %
wahrscheinlicher Fehler = 4,8 %

Auf die Bestimmung der Fehlergrösse ist in diesem Falle jedoch nicht viel zu geben, weil die Anzahl der Fälle zu

gering ist, um bei den meist sehr geringen Volumen genaue Resultate zu geben.

Fehlerbestimmung im atlantischen Ocean. Auf der Planktonexpedition wurde der Fehler in etwas anderer Weise bestimmt.

Die beiden Vergleichsfänge wurden nicht kurz hintereinander, sondern zu gleicher Zeit gemacht, indem die beiden Netze mit einander verkuppelt wurden. Durch diese Versuchsanordnung fallen zwei der Theilfehler der früheren Methode (fg bedingt durch die Ungleichheit des Fanges bei der Bewegung der Schiffes und fu bedingt durch die geringe Ungleichheit in der Vertheilung des Planktons nahe beieinander liegender Orte) weg. Es ist demnach der Fehler jeder Bestimmung der durch Verkuppelung mit einander verbundenen Netze F'' = F' — (fg + fu). Die Vergleichsfänge der Planktonexpedition wurden alle in einer Tiefe von 400m gemacht. Der Fehler der Methode daraus berechnet ergiebt folgende Werthe:

der durchschnittliche Fehler = 5,36 %
der mittlere Fehler F''m = 6,38 %
der wahrscheinliche Fehler = 4,30 %

Wie zu erwarten war, fällt der Werth von F''m kleiner aus als der von F'm. Wenn der frühere Fehler nicht gross genug war, um die Resultate der Methode zu gefährden, so ist dieses nach der zweiten Bestimmung erst recht nicht zu befürchten. Die Methode bewährt sich also auf dem Ocean beim Fange in grossen Tiefen ebenso gut als in der Ostsee in geringen Tiefen. Es wird sich vielleicht der Fehler durch Vervollkomnung der Methode noch etwas verringern lassen, uud für die Lösung vielleicht später auftauchender Specialfragen wird dieses eventuell auch nöthig sein. Vor der Hand, wo es sich nur um die ersten Fundamentalversuche zur Erforschung der Massenverhältnisse der Meeresorganismen handelt, genügt die gegebene Genauigkeit vollkommen, und selbst eine weit geringere Genauigkeit würde noch brauchbare Resultate liefern; denn in diesem Falle, wo

wir nach den bisherigen Erfahrungen nicht einmal angeben konnten, ob unter einem Quadratmeter Meeresfläche 1, 100, 1000 oder 100,000 ccm. lebendiger Substanz sich befinde, da würde es selbst einen kolossalen Fortschritt bedeuten, wenn wir auch nur mit einem wahrscheinlichen Fehler von 100 oder 200 % angeben könnten, wie viel wirklich vorhanden ist, denn dem absoluten Nichtwissen gegenüber wäre selbst ein Fehler von 100 % noch gering, wie viel weniger fällt der wirklich gefundene Fehler von 19,7 % ins Gewicht.

d. Schwankungen der Volumenkurve und Schwankungen in den physikalischen Bedingungen der Meeres.

Die mitgetheilten Zahlen für sich würden genügen, um zu beweisen, dass die Methode auf der Planktonexpedition richtig functionirt habe. Derjenige, welcher für « öde Zahlen » nicht schwärmt, kann jedoch auf andere Weise ein Bild über die richtige Functionirung erhalten durch Betrachtung der beigegebenen Kurve, welche in der Weise ausgeführt ist, dass die Rohvolumina der Fänge von 200m. Tiefe als Ordinaten auf die Fahrtlinie an der Stelle ihres Fanges aufgetragen sind.

Ein Blick auf die Karte zeigt, dass im Verlauf der Expedition sehr verschieden grosse Volumina gefunden sind. Stellenweise sind dieselben sehr klein, an anderen Stellen aber sehr gross. Aus dem mittleren Fehler der Methode kann man zwar schon direkt entnehmen, dass diese Schwankungen der Volumenkurve nicht hervorgebracht sein können durch den Mangel der Methode, sondern dass sie ihren Grund haben müssen in dem Objekt selbst. Doch sehen wir davon ab und betrachten nur die Volumenkurve im Vergleich zu den physikalischen Bedingungen des Meeres. Die Volumenkurve zeigt grosse Schwankungen. Wenn diese Schwankungen regellos sind und nicht in den Planktonverhältnissen des Meeres selbst

ihren Grund haben, so erscheint die Volumenbestimmung so unsicher, dass sie zu weiteren Schlüssen nicht zu verwenden ist; wenn aber gezeigt werden kann, dass diese Schwankungen durch die Verhältnisse des Meeres bedingt sind, so ist diese Kurve als ein sehr empfindliches Reagens auf die Schwankungen der Lebensverhältnisse des Meeres anzusehen. Nun zeigt sich, dass die Schwankungen der Kurve oft lange Strecken hindurch ganz minimal sind, so dass die Kurve einmal sogar auf mehr als 2000 Meilen fast als gerade Linie zu betrachten ist. Dann plötzlich schnellt sie empor und sinkt an anderer Stelle wieder. Die gleichmässigen Strecken fallen zusammen mit den grossen Meeresflächen, welche nahezu gleiche physikalische Bedingungen haben, wie z. B. die Sargassosee. Die Schwankungen in der Kurve fallen aber immer zusammen mit dem Durchschneiden der Grenzen eines neuen Stromgebietes. Wo wir in ein neues Stromgebiet eintraten, da machte sich diese Grenze fast immer auch geltend an dem plötzlichen Steigen oder Fallen der Volumenkurve. Ich werde auf dieses Verhälniss der Strömungen zur Kurve unten noch genauer eingehen. Hier ist nur so viel daraus zu entnehmen, dass die plötzlichen Schwankungen nicht als zufällige, durch die Unsicherheit der Methode bedingte Ungleich heiten aufzufassen sind, sondern dass sie vielmehr als ein Zeichen der Empfindlichkeit der Methode anzusehen sind, indem sich die äusseren Differenzen der einzelnen Meeresabschnitte sofort in der Volumenkurve wiederspiegeln, denn dass die Schwankungen der Volumenkurve nur « zufällig » gerade mit den Grenzen der Meeresströmungen zusammenfallen, wird wohl kein vorurtheilsloser Forscher behaupten können.

e. Volumina der verschiedenen Stromgebiete.

Ich habe vorhin die Behauptung ausgesprochen, dass die Schwankungen der Volumenkurve und die Meeresströmungen in einem engen Zusammenhange miteinander stehen.

Ein Vergleich der einzelnen Stromgebiete mit den darin gefundenen Planktonmengen wird dieses bestätigen.

Reduction der nordischen Fänge. Im ersten Abschnitt der Fahrt der Planktonexpedition wurden die Züge in 400 m Tiefe gemacht, später immer in 200 m Tiefe, wenn nicht specielle Gründe eine Ausnahme geboten. Die Züge von 200 m und von 400 m sind nicht direkt miteinander vergleichbar. Um nun dennoch die Züge für alle durchlaufenen Meeresabschnitte vergleichbar zu machen, will ich die im Norden in Tiefen von 400 m gemachten Züge durch Division der gefundenen Volumina mit 1.33 auf Fangtiefen von 200 m reduciren. Die Begründung dieser Zahl kann ich erst weiter unten geben. Der Reductionsfaktor kann keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen. Es ist darum möglicher Weise auch diese ganze Zahlenreihe etwas zu niedrig ausgefallen, zu hoch wohl sicher nicht. Für die Gesammtbetrachtung spielt aber dieser Fehler, weil er alle reducirten Fänge gleichmässig trifft, keine grosse Rolle.

Golfstrom[1]). Die ersten Fänge der Planktonexpedition wurden gemacht im nordöstlichen Ausläufer des Golfstroms, welcher in ost-westlicher Richtung durchschnitten wurde. Den Stationen VII 20 a bis 21 b entsprechen die auf 200 m umgerechneten Planktonmengen von $9,_{4}$, $5,_{8}$, $7,_{1}$cc.

Irminger-See-östiches Golfstrom-Mischgebiet. Mit der Station VII 22 a haben wir den Uebergang zu der sogenannten Irminger-See erreicht, welche ein Mischgebiet von warmem Golfstromwasser mit dem, von Norden kommenden kalten Wasser darstellt. Eine scharfe Grenze ist hier natürlich nicht zu erwarten, trotzdem lässt sich bei der Annäherung an dieses Gebiet in der Qualität und Quantität des Fanges sofort eine Aenderung erkennen. Der Fang steigt von 7,4cc der Duchschnittszahl des Golfstroms, auf 16,4cc. Zugleich erhält das Fangmaterial einen von dem im reinen

[1]) Vergl. die beigegebene Karte.

Golfstromwasser gefangenen Materiale unterscheidbaren Habitus. Während das Golfstrommaterial grobflockig war, wird es beim weiteren Fortschreiten nach dem Westen immer feiner und lockerer. Dieses sowie die Zunahme des Rohvolumens wird wesentlich bedingt durch das Auftreten von immer grösser werdenden Mengen einer sehr feinen Diatomeenform von mehreren mm Länge (Synedra). Wir können annehmen, dass wir uns bei der Station VII 23 b vollkommen in dem Gebiete der Irminger-See befinden. Der Fang steigt darin auf die im Vergleich zu den vorigen Fängen sehr beträchtliche Höhe von 166,9 cc. Nach Westen hin sinkt das Volumen wieder, steht aber VII 25 a immer noch auf einer Höhe von 77,5cc.

Ostgrönland - Strom. Am 26. Juli verliess die Expedition die Irminger-See und kam in das Gebiet des von Norden vordringenden kalten Ostgrönland-Stroms. Mit einem Schlage waren damit auch die Planktonverhältnisse verändert. Qualitativ und quantitativ zeigten sich ganz andere Verhältnisse. Die grosse Masse der Synedra war verschwunden und das Volumen demgemäss bedeutend reducirt. Leider verunglückte der hier gemachte Fang durch die Ungunst der Witterung, so dass sich für diesen Punkt keine Zahlen angeben lassen. Dennoch ist das Factum sicher gestellt, dass sowohl die Menge als auch die Beschaffenheit des Planktons mit dem Eintritt in den Ostgrönland-Strom sofort wechselte. In der Volumenkurve der beigegebenen Karte habe ich diesen Wechsel des Volumens durch punktirte Linien ausgedrückt, um damit anzudeuten, dass dieser Theil nicht auf Messungen, sondern nur auf subjectiven Schätzungen basirt.

Westgrönland-Strom. Der nächste Zug VII 27 a wurde wieder im Mischgebiet des warmen und kalten Wassers gemacht, nämlich dort, wo sich der nordwestliche Ausläufer des Golfstroms mit dem von Nordwesten aus der Davis-Strasse kommenden, kalten Wasser mischt. Es ist sehr bemerkenswerth, dass wir hier, in dem nordwestlichen Golfstrom-Mischgebiet ebenso wie in dem nordöstlichen Golfstrom-

Mischgebiet (der Irminger-See) dieselben grossen Plankton-volumina auftreten sehen, und ferner, dass diese wiederum bedingt werdeǹ durch das massenhafte Auftreten einer und derselben Diatomeenart (Synedra). Die Fänge dieser beiden Golfstrom-Mischgebiete sind getrennt durch etwa 400 Meilen Entfernung, und in der Reihe der Planktonfänge sind sie ausserdem getrennt durch einen dem Ostgrönland-Strom angehörigen Fang von ganz anderem Charakter, und dennoch sind sie scheinbar so gleich, als ob sie an derselben Stelle gemacht wären. Das Planktonverhalten charakterisirt daher diese zwei weit getrennten Mischungen des Golfstroms mit nordischem Wasser als ein zusammengehöriges Ganze.

Labrador-Strom. Am 29. Juli verliess die Expedition das Mischgebiet des Golfstroms (Westgrönland-Strom) und trat in den von Norden kommenden Labrador-Strom ein. Gleichzeitig änderte auch das Material seinen habituellen Charakter, das vorher feinflockige Planktonmaterial wurde wieder grobflockig. Der Grund davon liegt in dem Fehlen der vorher überwiegenden Menge von Synedra. Die Masse fällt gleichzeitig von 162 cc auf 5 cc. In der Mitte der Laaradorstroms (Station VII 29 b) stiessen wir auf die von Hensen in seinem Reisebericht [1]) schon erwähnte Anhäufung von Copepoden. Leider wurde hier der Fang in 300 m und nicht în der gewöhnlichen Tiefe von 200 m gemacht, so dass er in die fortlaufeude, blau markirte Volumenkurve der beigcgebenen Karte nicht aufgenommen werden konnte; er ist darin jedoch angedeutet durch einen farblosen Kurvenabschnitt.

Neufundland-Bank. Für die nun folgende Neufundland-Bank ist die Kurve nicht massgebend, weil hier wegen der geringer Meerestiefe nicht die gewöhnliche Tiefe von 200 m abgefischt werden konnte und darum eine jetzt noch nicht mögliche Reduction der Fangmasse eintreten müsste.

[1]) Sitzunbsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Sitzung der physikalisch-mathematischen Klasse. 17 März 1891.

Südlicher Labrador-Strom. Auf dem südlich der Neufundland-Bank befindlichen Theile des nach Südwesten umbiegenden Stromes war das Planktonvolumen sehr gering.

Florida-Strom. In der Nähe der Stromgrenze gegen den warmen Florida-Strom tritt eine geringe Schwankung ein. Auf der Station VIII 1 b im Gebiet des Labrador-Stroms wurden gefangen 2 cc; an der Grenze zwischen Florida-und Labrador-Strom VIII 2 a geht die Menge auf 5 cc in die Höhe um dann wieder zu sinken. Im Florida-Strom selbst wurden gefangen 2 $^1/_2$, 3, 3 $^1/_2$, 5 und 9 cc. Die Menge stieg also im Florida-Strom beim Fortschreiten nach Süden. In der Station VIII 4 b mit 9 cc wird die nicht scharf definirbare Grenze des Florida-Stroms gegen die Sargasso-See erreicht sein.

Florida-Strom — Sargasso-See. Südlich beim weiteren Eindringen in das eigentliche Sargassogebiet nimmt die Planktonmenge wieder ab, zeigt aber zu Anfang noch gewisse Neigung zu Schwankungen. Es wurden erhalten 5, 3, 7 cc.

Sargasso-See. In der eigentlichen Sargasso-See zwischen den Stationen VIII 11 a — 20 b war die Volumenmenge sehr gering und zugleich ausserordentlich gleichmässig. Der auf 20 b folgende Theil wird schon zum Nordäquatorial-Strom gerechnet, die Strömung dürfte hier voraussichtlich noch gering sein, er zeigt auch noch ganz dasselbe Verhalten wie die Sargasso-See. Ich will ihn deshalb in der Bezeichnung auch nicht davon trennen, sondern, wenn ich im Folgenden von der Sargasso-See schlechthin spreche, so schliesse ich diese Fänge mit ein, und meine also die Strecke zwischen den Stationen VIII 11 a und 25 b. Nach der soeben erschienenen Karte der Sargasso-See von Krümmel [1]) ist mit der Station 25 b auch erst die Grenze des treibenden Krautes erreicht. Es ist dieses eine bemerkenswerthe Uebereinstim-

[1]) Krümmel: Die nordatlantische Sargassosee. Petermanns Mittheilungen 1891, p. 129, u. Taf. 10.

mung zweier auf ganz verschiedenem Wege und unabhängig voneinander gewonnen Resultate.

Kanarien - Strom. Mit der Station VIII 26 a kommen wir wieder an die Grenze eines neuen Stromgebietes. Während wir in der Sargasso-See nur schwach bewegtes Wasser hatten, treten wir nun in den reissenden Kanarien-Strom ein. Mit diesem Uebergang in das neue Stromgebiet schnellt auch das Planktonvolumen, das vorher in der stromlosen Sargasso-See auf viele hunderte von Meilen über alle Erwartung gleichmässig gewesen war, sofort in die Höhe.

Zwischen den Cap-Verdischen Inseln und Ascension kommen wir dann in ein Gebiet mit mehrfach wechselnden Strömen; demgemäss treffen wir auf dieser Strecke sehr wechselnde Planktonvolumina.

Beim Durchschneiden des Kanarien-Stroms steigt das Volumen bis zu den Cap-Verdischen Inseln und sinkt dann nach Süden zu wieder. Wir erhalten die Zahlen:

	Grenze der Sargasso-See	Kanarienstrom					Grenzgebiet
Volumen:	$1,_5$	9	7	$15,_5$	$8,_5$	4	$16,_5$ cc.

Währenddem steigt die Temperatur continuirlich von $24,_7$ auf $26,_5$°, indess der Salzgehalt sich nur wenig verringert.

Guinea-Strom. An der Grenze des in entgegengesetzter Richtung, also von West nach Ost fliessenden Guinea-Stromes, IX 2, steigt der Planktongehalt wieder, und die Volumenkurve hat beim queren Durchschneiden dieses Stromes den umgekehrten Verlauf wie im Kanarienstrom. Das Volumen nimmt regelmässig ab, während gleichzeitig die Temperatur, welche in dem Grenzgebiet zwischen Guinea-Strom und Nordäquatorial-Strom ihre grösste Höhe erreicht hatte, langsam fällt. Der Salzgehalt des Meerwassers erreicht dabei seine Minimalgrenze in der Nähe des grössten Planktonfanges. Wir erhalten im Guinea-Strom folgende Grössen:

	Grenzgebiet	Guinea Strom				Grenzgebiet
Volumen	16,5	11	9,5	5	5,5	15,5 cc.
Temperatur	26,6	26,5	26,7	26,4	26,3	26,0
Salzgehalt	35,6	34,8	34,8		35,3	°/0

Südäquatorial - Strom. Beim Durchschneiden des Südäquatorial-Stromes nördlich von Ascension zeigen sich die Planktonverhältnisse besonders complicirt. Die Kurve weist hier eigentümliche Schwankungen auf, wie sie sonst bei Stromquerschnitten nicht beobachtet wurden.

Das Volumen wächst von Station IX 6 a an und erreicht in 9 a seinen fast anomal gross erscheinenden Höhepunkt, um von da an bis Station IX 14 wieder abzunehmen und sich dann längere Zeit auf annähernd derselben Höhe zu halten. Auf der ganzen westlich von IX 14 gelegenen Fahrt bis zur Brasilianischen Küste schwankt der Planktongehalt nur sehr wenig. Auf den Planktongehalt dieses Theiles des Südäquatorial-Stromes komme sich weiter unten noch einmal zurück und will mich desshalb hier darauf beschränken, nur auf einen Punkt der Querschnittskurve des Stromes hinzuweisen. Die Volumenkurve der Strecke IX 6 a — 13 charakterisirt sich als eine grosse Welle, welche in 9 a ihren Höhepunkt erreicht hat. Diese Welle wird in 8 a und b durch eine tiefe Depression unterbrochen. Nach den unten weiter ausgeführten Gründen ist eine solche Knickung der Volumenkurve nur an den Stromgrenzen zu erwarten, während beim Durchqueren des Stromes innerhalb des eigentlichen Stromgebietes nur eine einfache Welle erwartet werden darf. Die in 8 a und b ausgedrückte Depression ist also als eine Anomalie anzusehen. Es fragt sich nun, worin hat diese Depression ihren Grund? ist sie zufällig, oder ist sie in Fehlern des Experiments oder in eigentümlichen Verhältnissen des Stromes selbst begründet?

Erklärung der Volumenkurve des Südäquatorial-Stromes. Eine Erklärung des eigentümlichen Verhaltens im Südäquatorialstrom erhalten wir durch Vergleichen der

Temperaturverhältnisse mit den Volumenverhältnissen. Die Temperatur des Meerwassers, welche im Guinea-Strom 26-$26,_7$° gewesen war, sinkt bald nach dem Eintritt in den Südäquatorial-Strom plötzlich um mehr als 2°. Wir erhalten die Temperaturen $26,_0$, $25,_4$, $23,_4$, $23,_2$. Diese Region der plötzlich fallenden Temperatur entspricht dem ersten Theile der Volumenkurve. Mit dem Minimalvolumen fällt auch die Minimaltemperatur zusammen. Beim weiteren Fortschreiten steigt die Temperatur ziemlich schnell wieder. Die später in der Richtung von Westen nach Osten durchlaufene Region ist wieder wärmer. Die Temperaturverhältnisse weisen also darauf hin, dass die Expedition bei ihrem Verlaufe innerhalb des Südäquatorialstromes mehrere Regionen durchschnitten hat, welche unter verschiedenen physikalischen Bedingungen stehen. Diese Regionen werden durch die Volumenkurve noch viel schärfer kenntlich gemacht als durch die Temperaturkurve. Dass Volumen und Temperatur hier in einer bestimmten Beziehung zu einander stehen, ergiebt sich hieraus mit ziemlicher Sicherheit. Der Grund der Depression wird also weder in zufälligen Schwankungen des Planktongehalts, noch in einem Fehler des Experimentes, sondern in den eigentümlichen Bedingungen des Stromes selbst zu suchen sein.

Eine Erklärung, welche diese beiden Erscheinungen, die parallelen Schwankungen der Temperatur-und Volumen-Kurve zu gleicher Zeit aufhellt, ergiebt sich aus einer allgemeinen Vergleichung der Temperaturverhältnisse des Oceans. Die von Krümmel entworfene, für den August geltende Isothermenkarte des atlantischen Oceans[1]) zeigt, dass im Herbst nördlich von Ascension im Gebiet des Südäquatorialstroms und mit diesem eine Kältezunge in der Richtung von Südost nach Nordwest sich vorschiebt, die durch das Vordringen des aus dem Süden stammenden kalten Wassers des Südäquatorial-Stroms bedingt wird.

[1]) Krümmel, Die Temperaturvertheilung in den Oceanen. Zeitschrift für wissenschaftliche Geographie von Kettler. Band VI, 1887, p. 7, Tafel 3.

Diese Kältezunge wurde von der Planktonexpedition quer durchschnitten und ergab in diesem Querschnitte die grosse Volumenmenge zwischen den Stationen 6 a — 13.

Nahe der Spitze dieser Kältezunge liegt eine Kälte-Insel, deren Temperatur geringer ist als die der Umgebung. Die Entstehung dieser Kälte-Insel erklärt man dadurch, dass hier aus der Tiefe ein kalter Strom aufsteigt und an der Oberfläche sein kaltes Wasser verbreitet. Die Temperatur dieser Kälte-Insel sinkt im August nach Krümmel auf 22°. In den Stationen IX 8 a und b hatten wir ein Wärmeminimum von 23.,2° erreicht. Es liegt nun die Vermutung sehr nahe, dass wir auf der Planktonexpedition bei den Stationen 8 a und b diese Kälte-Insel angeschnitten haben [1]), und dass das Herabsinken des Planktonvolumens in diesen Stationen bedingt sei durch das aus der Tiefe aufsteigende Wasser, welches, nach den übrigen Planktonfängen zu urtheilen, weniger Plankton enthalten muss als das Oberflächenwasser. Die hohen Planktonvolumina der umliegenden Stationen dagegen würden dem aus dem Südosten stammenden kalten antarktischen Wasser zuzuschreiben sein. Ob diese Vermutuug richtig ist, das entscheiden die Planktonmessungen noch nicht. Mit Sicherheit wird es sich aber herausstellen, nachdem die Plankton-zählungen dieser Gegend ausgeführt sind; denn wenn hier wirklich Tiefenwasser emporsteigt und den Ausfall bedingt, so muss hier nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des Planktons sich ändern, namentlich muss auch das Massenverhältniss der einzelnen Formen plötzlich ein anderes

[1]) Auf der beigegebenen Karte habe ich die Kältezunge und Kälte-Insel, wie sie Krümmel für August angiebt, mit punktirten Linien angedeutet. Bis zum Februar soll die Kältezunge nach S 0 bis zum 12° S Br zurückweichen. Wir durchschnitten die Gegend am 8 September also zu einer Zeit, wo wir die Kältezunge hier noch treffen mussten, und dabei vielleicht gerade das Kältecentrum der nach S 0 zurückweichenden Zungenspitze tangiren mussten. Letzteres ist um so eher möglich, als bekannt ist, dass auch die Kälte-Insel in ihrer Lage etwas schwankend ist.

werden, indem die Zahl derjenigen Formen, welche grössere Tiefe bevorzugen, gegenüber den hauptsächlich an der Oberfläche lebenden in diesen Fängen relativ wachsen muss. Warten wir also das Resultat der Zählungen ab!

Westlicher Theil des Südäquatorialstromes. Ascension liegt an der Grenze der Kältezunge. Die weitere Fahrt bis Brasilien geht wieder durch wärmeres Wasser. Der erste Fang westlich von Ascension (IX 13) ist als Grenzfang anzusehen. Der nun folgende Theil bis zur Mündung des Amazonenstroms charakterisirt sich den Volumenverhältnissen nach als ein zusammengehöriges Ganze. Die Fahrt repräsentirt in diesem Theil einen Schnitt, der anfangs schräg zur Stromaxe durch den Strom gelegt ist und allmählich die Stromaxe unter immer spitzerem Winkel schneidet, bis er nach der Stromgabelung in dem als Nordbrasilianischer Küstenstrom bezeichneten Arm in einen Stromlängsschnitt übergeht. Während das Wasser des nördlich von Ascension durchschnittenen Theiles aus den antarktischen Regionen stammt, hat das in diesem unvollständigen Längsschnitt durchfahrene Wasser schon eine längere Wanderung unter der Tropensonne gemacht. Dies dürfte das durchweg geringere Planktonvolumen dieses wärmeren Wassers wohl erklären.

In Tabelle 5b des Anhanges gebe ich eine Zusammenstellung der Temperatur-und Volumenverhältnisse des Süd-Aequatorial-Stromes.

Amazonenstrom-Tocantinsdelta. Die an der brasilianischen Küste und im Rio Tocantins gemachten Fänge können hier, weil sie in zu geringer Tiefe gemacht sind, und weil sie mit dem vom Amazonenstrom herabgewälzten Sande gemischt sind, nicht zur Vergleichung mit den übrigen Planktonvolumenzahlen herangezogen werden.

Rückfahrt. Auf der Rückfahrt ist die Zahl der Fänge für die Strecke eine verhältnismässig geringere. Die Kurve kann für diesen Theil nicht auf den Grad der Genauigkeit Anspruch machen, wie für die anderen Theile. Immerhin

ergeben sich auf diesem Theil noch einige sehr interessante Verhältnisse.

Südäquatorial-und Guinea-Strom. Auf der Rückfahrt wurde am 9.-16. Oktober der Südäquatorialstrom, Guinea-Strom und Nordäquatorialstrom zum zweiten Male durchschnitten und zwar an einer Stelle, wo dieselben, von ihrem früheren Schnittpunkte an gerechnet, etwa 1200 Meilen zurückgelegt hatten. Der Guinea-Strom wurde getroffen ungefähr an seiner Wurzel, dort wo sich derselbe aus dem Nord-und Südäquatorialstrom abzweigt. Die Zahl der Fänge für dieses Gebiet ist nur gering, so dass so grosse Differenzen wie in den östlichen Schnittpunkten hier nicht erwartet werden können. Die Volumina der Fänge im Südäquatorialstrom und Guinea-Strom sind fast gleich gross (8 cc für Südäquatorialstrom, 6 und $9,_5$ für Guinea-Strom). Der Nordäquatorialstrom zeigt ein etwas grösseres Volumen $12\,{}^1/_2$ und $14\,{}^1/_2$ cc.

Zweiter Durchschnitt durch die Sargasso-See. Darauf traten wir zum zweiten Mal in das Sargassogebiet ein, und zwar dürfte die Station X 18 der Südgrenze derselben nicht sehr fern sein. Sehr interessant ist das Verhalten der Volumenkurve bei diesem Wiedereintritt in die Sargasso-See. Das Volumen, das im Nordäquatorialstrom sich auf der Höhe von $12\,{}^1/_2$ und $14\,{}^1/_2$ cc gehalten hatte, sinkt beim Eintritt in die Sargasso-See sofort auf 5 cc und in den folgenden Stationen sogar auf 2 cc und noch einmal 2 cc herunter. Das Mittel dieser drei Sargassofänge ist 3,0 cc; das Mittel der 27 Fänge, die bei der ersten Durchquerung der Sargasso-See gewonnen wurden, ist, wie weiter unten ausgeführt werden wird, $3,_3$ cc. Das Planktonvolumen der Sargasso-See war bei der ersten Durchquerung zwar sehr klein aber sehr gleichmässig gefunden worden. Nach dem Verlassen des Gebietes waren die verschiedensten Stromgebiete durchkreuzt worden und hatten die verschiedensten, zum Theil sehr grosse Planktonvolumina ergeben. Beim erneuten Eintritt in die Sargasso-See fällt das Volumen sofort wieder auf die

alte Grösse und hält sich auch in den folgenden Fängen auf derselben, und zwar so genau, dass der Mittelwerth der ersten Duchquerung und der Mittelwerth der zweiten in senkrechter Richtung zur ersten erfolgten Durchquerung nur um $0{,}_3$ cc von einander abweichen. Sollte dieses Alles wirklich nur « Zufall » sein? Dann wäre es ein sehr wunderbarer Zufall. Es würde sehr interessante Resultate versprechen, wenn man berechnen könnte, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein solches Zusammentreffen, wie es oben geschildert wurde, « zufällig » eintritt. Ich glaube, diese Wahrscheinlichkeit würde den Werth 0 nicht sehr viel überschreiten.

Golfstrom. Im folgenden Theile der Reise wurde auf vier Stationen in einer Tiefe von 200 m gefischt. Diese Zahl der Fänge ist zu gering, als dass darauf hin eine zuverlässige Volumenkurve für dieses Gebiet entworfen werden könnte. Die Fänge nördlich von der Sargasso-See haben also nur noch als Einzelfänge Bedeutung. Um diese Unsicherheit anzudeuten, ist die Kurve für diese Strecke punktirt gezeichnet worden. Da jedoch kein Grund vorhanden ist für die Annahme besonders abweichender Verhältnisse, so ist dieser punktirte Theil der Kurve trotz der geringen Anzahl der Fänge dennoch als ein sehr wahrscheinlicher Ausdruck der wirklich auf dieser Strecke obwaltenden Verhältnisse anzusehen.

GLEICHMAESSIGKEIT DER VERTHEILUNG.

1. Fehlerfrage.

Wie oben auseinander gesetzt wurde, ist es für die Anwendbarkeit der quantitativen Untersuchungsmethode Voraussetzung, dass die Vertheilung im Ocean keine absolut regellose sei, sondern dass sie wenigstens gleichmässig genug sei, um aus einem Fang, der an einer bestimmten Stelle gemacht ist, auf den Gehalt des Wassers an Organismen in

einem grösseren oder kleineren Umkreis zu schliessen. Die Vertheilung muss so gleichmässig sein, dass, wenn man zwei Fänge in einem gewissen praktisch befundenen Abstand voneinander macht, die dazwischen liegenden Werthe durch Interpolation zwischen die beiden Fangresultate ergänzt werden dürfen. Es ist aber keineswegs Erforderniss für die Anwendbarkeit der Methode, dass die Vertheilung auf grosse weite Strecken vollkommen gleich sei. Wenn die Gleichmässigkeit nicht gross ist, so müssen die Stichproben in geringer Entfernung von einander gemacht werden, wenn sie dagegen gross ist, so können dieselben auch in grösseren Abständen voneinander gemacht werden. Nur darf die Vertheilung nicht absolut regellos, sondern muss gross genug sein, um bei der engsten praktisch anwendbaren Stichprobenentnahme die Interpolation zu gestatten. Ich habe diesen Punkt absichtlich betont, weil hierüber noch Irrtümer verbreitet zu sein scheinen. Die Entscheidung über diese Frage lässt sich nicht durch Spekulationen geben, sondern nur mit Hülfe des Experiments, und zwar ist dies eine rein quantitative Frage, die ziffermässig festgestellt werden muss. Da vor Hensen niemand solche quantitativen Versuche anstellen konnte, so konnte bisher auch niemand, wenn er nicht subjektive Spekulationen bringen wollte, weder eine bejahende noch eine verneinende Antwort geben.

2. Experimentelle Entscheidung.

a. Ist die Gleichmässigkeit gross genug?

Diese Frage, die für die Methode von Wichtigkeit ist, wurde auf der Planktonexpedition experimentell geprüft. Das Experiment giebt seine Antwort ganz unbekümmert um vorgefasste subjektive Meinungen, und ist darum auch zuverlässiger als die früher einzig zu Gebote stehenden subjektiven Schätzungen.

Wenn die Planktonvertheilung nur von der Entwicklung

der einzelnen Species abhinge, nicht aber mit den äusseren Bedingungen des Oceans verwachsen wäre, so könnte sie so regellos sein, wie man früher vermutete. Dann würden die Planktonorganismen in einem bestimmten Gebiet, ohne dass dessen Eigenschaften sich ändern, z. B. in demselben Stromgebiet, hier dicht gedrängt sein, und dort dünn gesäet erscheinen, so dass in derselben Wassermasse in benachbarten Gebieten bald grosse Mengen, bald nur geringe Quantitäten gefangen werden könnten. Wenn diese Regellosigkeit der Vertheilung vorhanden ist, so verlangt das Gesetz der Wahrscheinlichkeit, dass, wenn man in gerader Linie über ein solches Gebiet mit regellos wechselnder Planktonvertheilung hinfährt und in bestimmten Entfernungen Stichprobe um Stichprobe herausnimmt, dass man dann eine bestimmte Anzahl von Malen auf dichte Ansammlungen und eine bestimmte Anzahl von Malen auf geringere Mengen stossen muss. Die Anzahl dieser Stellen, wo man auf dichte Ansammlungen stossen muss, hängt ab von der Menge und Ausdehnung der dichten Stellen im Verhältniss zur Ausdehnung der Stellen mit dünnerer Vertheilung. Wenn man nun bei einer derartigen Stichprobenentnahme mit allen Fängen gleiche Planktonmengen erhält, so ist nach den Wahrscheinlichkeitsgesetzen, wenn die Anzahl der Stichproben gross genug war, die Gleichförmigkeit der Planktonvertheilung des ganzen Gebietes zwischen der ersten und letzten Station bewiesen. Ein solcher Beweis ist nun durch die Planktonexpedition für das Gesamtvolumen der Planktonorganismen erbracht worden.

Es wurde auf derselben die Sargasso-See (zwischen Bermuda-und Cap-Verdischen Inseln Station VIII 10 b — 25 b) in einer Linie von 2200 Meilen Länge durchschnitten und auf dieser Strecke wurden 27 Fänge gemacht. Wenn die Vertheilung nun eine regellose wäre, so könnten unmöglich die Fänge alle fast gleich ausfallen, sondern es müssten sich nothwendig auf dieser Strecke in der Kurve ähnliche Zacken und Berge zeigen wie an anderen Stellen der Kurve.

Derselbe Fall findet statt beim Fang im Längsschnitt des Südäquatorialstroms, wo ebenfalls lauter Fänge von fast gleichem Volumen gemacht wurden. Die Wahrscheinlichkeit, dass wir hier durch Zufall auf diesen Strecken von 2200 und von 1500 Meilen immer wieder auf Punkte mit gleicher Planktonmenge gestossen sind, ist fast gleich 0, d. h. der Zufall ist hier ausgeschlossen. Es ist damit bewiesen, dass die Vertheilung des Planktons keine regellose ist, und dass nicht bald planktonreiche und bald arme Stellen in wildem Wechsel aufeinander folgen, sondern dass die Orte, welche die gleichen äusseren Verhältnisse zeigen, auch gleiche Planktonmengen besitzen. Die Fabel von der absoluten Regellosigkeit der Planktonvertheilung im Ocean kann damit für abgethan erklärt werden.

Nun können wir weiter schliessen, dass, wenn die Vertheilung auf 2000 Meilen dort, wo die Lebensbedingungen sich nicht ändern, sich so gleichmässig bleiben, dass kaum ein Unterschied zwischen den einzelnen Fängen zu bemerken ist, dass dann auf Strecken von 100 Meilen Länge, der gewöhnlichen Entfernung zwischen je zwei Stichprobenentnahmen die Gleichmässigkeit gewiss gross genug ist, um die zwischenliegenden Werthe interpoliren zu dürfen; und grössere Gleichmässigkeit wird von der Methode nicht gefordert.

Gleichmässigkeit in den Stromquerschnitten. Wenn die Lebensbedingungen sich beim Fortschreiten ändern, wie es beim Durchqueren eines Stromes geschieht, so werden zwar die Planktonmengen sich ändern müssen, aber da nun einmal feststeht, dass die Vertheilung im allgemeinen keine regellose ist, sondern dass sie unter gleichen Bedingungen gleichmässig bleibt, und da dies auch selbst für Stromlängsschnitte nachgewiesen ist, so ist es nicht möglich, dass wir nun beim queren Durchschneiden des Stromes auf Regellosigkeit der Vertheilung der Planktonmengen stossen. Da die Planktonmengen, wie gezeigt wurde, in strenger Beziehung zu den physikalischen Bedingungen ihres Fangortes, die in den Strö-

mungsverhältnissen ihren klarsten Ausdruck finden, stehen, und mit diesen Bedingungen sich ebenfalls ändern, so müssen wir zwar erwarten, dass wir auf den verschiedenen Punkten des Stromquerschnitts nicht die gleichen Planktonmengen erhalten werden, aber dieser Wechsel kann kein regelloser sein, sondern die Veränderung des Planktonvolumens muss Hand in Hand gehen mit den Veränderungen der Stromverhältnisse. Dass dieses auch wirklich der Fall ist, zeigt schon die Betrachtung der Kurve der Stromquerschnitte; denn, wenn beim senkrechten Durchschneiden des Stromes die Vertheilung eine regellose wäre, so müssten wir statt, wie es wirklich der Fall ist, eine einfache Wellenlinie, einen einfachen Wellenberg oder ein Wellenthal zu erhalten, eine auf und ab gehende Zickzacklinie im Stromquerschnitt bekommen.

Der von der Methode geforderte Grad der Gleichmässigkeit der Vertheilung dürfte für jeden vorurtheilslosen Leser hiermit zur Genüge bewiesen sein.

b. Berechnung der Gleichmässigkeit.

Wir brauchen aber bei dieser Lösung der Gleichmässigkeitsfrage noch nicht stehen zu bleiben. Die Methode gestattet, auf eine noch viel speciellere Fragestellung eine Antwort zu geben. Von vorn herein ist kaum zu erwarten, dass der Grad der Gleichmässigkeit überall gleich gross sei. Wir müssen darum die Frage auch noch etwas specieller stellen: Wie gross ist die Gleichmässigkeit? Diese Frage ist für die verschiedenen Meeresabschnitte gesondert zu lösen, und zwar sind diejenigen zusammenzufassen, welche sich durch physikalisch gleiche Bedingungen als ein zusammengehöriges Ganze gegenüber anderen Gebieten mit anderen Verhältnissen charakterisiren. Die Planktonexpedition giebt bezüglich dieser Fragen die Antwort für zwei speciellere Gebiete: die Sargasso-See und den Längsschnitt des Südäquatorialstroms.

α Sargasso-See.

In den Stationen VIII 11 a — 25 b wurden folgende Volumina des Kleinplanktons gefangen [1]: $3, 4_{,5}, 2_{,5}\ 2, 2, 3_{,5}, 2, 5, 2_{,5}, 6_{,5}, 4, 2_{,5}, 3, 4, 2_{,5}, 3, 3, 4_{,5}, 4_{,5}, 3_{,5}, 3, 5, 2_{,5}, 1_{,5}$.

Mittelwerth. Vollkommene Gleichmässigkeit dürfen wir natürlich nicht erwarten, da wir es im Meer nicht mit idealen, sondern mit wirklichen Verhältnissen zu thun haben, und selbst dann, wenn ideale Gleichmässigkeit vorhanden wäre, so würden wir sie in den Versuchsresultaten nicht wiederfinden, weil wir nicht mit idealen Methoden arbeiten. Nehmen wir aber zur Berechnung der Gleichmässigkeit den Idealfall der vollkommenen Gleichmässigkeit in der Vertheilung als das Normale an und betrachten jede Abweichung davon als einen Fehler, so erhalten wir als denjenigen Werth, welcher der Norm am nächsten steht, das arithmetische Mittel der Fänge $= 3_{,33}^{cc}$.

Fehler des Mittels. Dieses arithmetische Mittel giebt natürlich den normalen Werth nicht ganz richtig; es ist mit einem Fehler behaftet. Der mittlere Fehler dieses Mittels ist gleich $\pm\ 0{,}23^{cc}$. Der wirkliche normale Werth wird also liegen zwischen $3_{,56}$ und $3_{,1}^{cc}$. Der mittlere Fehler des Mittels in Procenten ausgedrückt, beträgt 10,84 %.

Fehler der einzelnen Beobachtung. Die einzelnen Beobachtungen sind natürlich mit einem grösseren wahrscheinlichen Fehler behaftet als dieser Mittelwerth. Bezeichnen wir die Abweichung vom arithmetischen Mittel für diese Fehlerberechnung als den «Fehler», so erhalten wir von den Werthen folgende Fehlerreihe:

[1] In diese Reihe wurden nur die Fänge von 200 m Tiefe aufgenommen. Aus diesem Grunde fehlen hier ein paar Werthe, die in der vorläufigen Mittheilung an die Akademie pag. 243 von Hensen gegeben wurden. Diese sowie zwei Abrundungsdifferenzen haben jedoch keinen merkenswerthen Einfluss auf die daraus gezogenen Schlüsse.

— 0,3 + 1,2 — 0,8 — 1,3 — 1,3 + 0,2 — 1,3 + 1,7
— 0,8 + 3,2 + 0,7 — 0,8 — 0,3 + 0,7 — 0,8 — 0,3
— 0,3 + 1,2 + 1,2 + 0,2 — 0,3 + 1,7 — 0,8 — 1,8.

Der durchschnittliche Fehler ist 1,0 cc. Der *mittlere* zu fürchtende Fehler nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet [1]), giebt den Werth ± 1,2 cc. Der entsprechende *wahrscheinliche* Fehler jeder einzelnen Beobachtung (jedes Fanges) ist gleich ± 0,8 cc. Da sich bei der Volumenbestimmung die halben cc nicht mehr zuverlässig angeben lassen, so ist der wahrscheinliche Fehler fast innerhalb der Grenzen der gewöhnlichen Beobachtungsfehler der Volumenablesung gelegen. In Procenten ausgedrückt kommen bei dem geringen Volumen, das überhaupt an diesen Orten vorhanden ist, ziemlich hohe Zahlen heraus, nämlich für den Durchschnittsfehler 29 % vom Mittel, für den mittleren Fehler 36 % und für den wahrscheinlichen Fehler 24 % vom Mittel.

Fehler und Ungleichheit. Es ist nicht zu vergessen, dass hier unter der Bezeichnung Fehler zwei heterogene Grössen zusammengefasst sind. Der « Fehler » besteht aus dem Fehler der Methode (F) und aus der wirklichen, im Meer vorhandenen « Ungleichheit » fu. Die wirkliche Ungleichheit muss also geringer sein als die mit « Fehler » bezeichnete gefundene. Aber auch wenn wir von dieser durch den Fehler der Methode bewirkten Vergrösserung absehen und den ganzen gefundenen Werth vorläufig als Ungleichheit ansehen wollen, so ist diese doch noch gradezu *überraschend gering.* Wenn man bedenkt, dass im atlantischen Ocean eine Fläche von einer Längsausdehnung von 2000 Meilen gefunden wurde, in welcher die mittlere Ungleichheit der Vertheilung der meso-und mikro-scopischen Planktonorganismen zwischen je zwei um 200 Meilen voneinander entfernten

[1]) $m = \pm \sqrt{\frac{[v\,v]}{n-1}}$

Punkten nur um circa 36 % um den Mittelwerth schwankt, so ist das ein Resultat, welches die kühnsten Erwartungen selbst derjenigen übertrifft, welche in dem Ocean nicht ein wildes Chaos wirr durcheinander gewürfelter Planktonmassen erblickten, sondern welche, nach dem Vorgange von Hensen, auch in der Planktonvertheilung die Gesetzmässigkeit erwarteten, die sich sonst überall in der Natur zeigt.

Wirkliche Ungleichheit nach Abzug des Fehlers der Methode. Um die wirklich vorhandene Ungleichmässigkeit zu erhalten, muss von der scheinbaren Ungleichmässigkeit die durch die Fehler der Methode bedingte Ungleichmässigkeit abgezogen werden. Die dazu nöthige Rechnung ist zur Zeit mit vollkommener Exaktheit noch nicht ausführbar; wohl aber kann man einen genügenden Annäherungswerth erhalten, wenn man den oben berechneten mittleren Fehler der Methode F' von dem in der Sargasso-See gefundenen mittleren Fehler abzieht. Man begeht damit allerdings eine Ungenauigkeit, denn genau genommen müsste der in Rechnung zu setzende Fehler der Methode an derselben Stelle, wo die Vergleichsfänge gemacht wurden, also in der Sargasso-See selbst bestimmt werden. Aber der durch Einsetzung von F' bedingte Fehler fällt nicht in Rechnung und kann hier, wo wir mit einem Annäherungswerth auskommen, vernachlässigt werden.

Der mittlere Fehler d. h. Verschiedenheit der Fänge in der Sargasso-See hatte sich oben ergeben zu 36 %, der mittlere Fehler der Methode zu 20 %. Ein genügender Annäherungswerth für die mittlere Ungleichheit des Planktongehalts zwischen zwei Orten von 200 Meilen Entfernung in der Sargasso-See ergiebt sich darnach zu ± 16 % vom Mittel, d. h. ± 0,5 cc, eine Zahl, die wahrlich überraschend klein ist.

Wenn die mittlere Ungleichheit 6 oder selbst 10 cc statt der wirklich gefundenen Grösse von 1 cc betragen hätte, so würde man immer noch sagen müssen: für eine

Strecke von 2000 Meilen ist das nicht viel; die Vertheilung ist im Vergleich zu der Grösse der Fläche noch als eine ziemlich gleichmässige anzusehen. 10 cc wären aber 300 % vom Mittel gewesen; in Wirklichkeit wurden nur etwa 150 % gefunden. Ich sollte meinen dieser Grad der Gleichmässigkeit, welcher sich ergeben hat aus einfachen empirischen Versuchen, deren Resultate vollkommen unabhängig sind von vorgefassten subjektiven Meinungen, von Wunsch nnd Willen des Experimentators, ist gewiss gross genug, um die Hensensche Ansicht zu bestätigen: dass in Meeresstrecken mit wesentlich gleichen Lebensbedingungen auch wesentlich gleiche Planktonverhältnisse obwalten, und auch obwalten müssen, da die Planktonmassen in strenger Abhängigkeit von den Eigenschaften der sie erzeugenden Meerestheile sich befinden indem nicht der blinde Zufall die Planktonvertheilung regiert, sondern strenge Gesetzmässigkeit, eine Gesetzmässigkeit deren Erkennung die Hauptaufgabe der quantitativen Planktonforschung bildet.

Wahrscheinliche Ungleichheit. Wenn wir den wahrscheinlichen statt des mittleren Fehlers einsetzen, so erhalten wir als wahrscheinliche Ungleichheit des Planktongehaltes ± 110 %.

β. Südäquatorialstrom.

Im Verlaufe des Südäquatorial-Stromes sind die Lebensbedingungen der Planktonorganismen etwas grösseren Veränderungen unterworfen als in der Sargassosee. Wir dürfen also auch keine vollkommen so grosse Gleichmässigkeit erwarten. Trotzdem zeigt die Volumenkurve dort wo wir annähernd der Längsrichtung des Stromes folgen, eine auffallende Gleichmässigkeit. Der erste Theil der Fänge aus dem Südäquatorialstrom IX 6 a — 13 ist von einer solchen Fehlerbetrachtung natürlich ausgeschlossen, weil hier eigentümliche Verhältnisse obwalten, die auch offenkundig in

der Volumenkurve schon zum Ausdruck kamen. Behandeln wir die Fänge IX 14a—22a des Südäquatorialstroms ebenso wie die Fänge der Sargasso-See, so erhalten wir für den westlichen Südäquatorial-Strom den Mittelwerth 5,16 cc. Dieser Mittelwerth ist mit einem mittleren Fehler von ± 0,56 cc behaftet. Der wirkliche Werth wird also liegen zwischen 4,6 und 5,7 cc.

Der durchschnittliche Fehler jeder Einzelbeobachtung (Fanges) ist gleich 1,88 cc, der mittlere Fehler = 2,26 cc = 43,7 %, der wahrscheinliche Fehler = 1,52 cc = 29,5 % vom Mittel.

Setzen wir den oben angegebenen Werth als mittleren Fehler der Methode auch hier ein, so erhalten wir als mittlere Ungleichheit der Vertheilung 44 — 20 = 24 % d. h. in cc ausgedrückt 1,3 cc. Der Planktongehalt einer verticalen Wassersäule von 0,1 □m Querschnitt und 200m. Tiefe würde hiernach an verschiedenen Stellen des Schräg-Längsschnittes d. h. des eigentlichen Tropenantheils des Süd-Aequatorial-Stromes im Mittel nur schwanken zwischen 4,0 und 6,4 cc.

3. Bestätigung der gleichmässigen Vertheilung für mittelgrosse Formen.

Die grosse Gleichmässigkeit der Vertheilung wurde constatirt für das meso-und mikro-skopische Material (Kleinplankton), welches mit dem feinen sogenannten Planktonnetz gefangen wurde. Dass sich die Gleichmässigkeit jedoch auch auf etwas grössere Formen erstreckt, wurde festgestellt durch die Herren Dr. Apstein, Dr. Dahl und Dr. Maass. Diese bearbeiteten Material, welches mit dem für den Fang grösserer Organismen construirten weitmaschigeren und grösseren sogenannten Verticalnetze gewonnen wurde. Ihre Werthe sind also vollkommen unabhängig von den oben mitgetheilten mit

dem Planktonnetz gemachten Fängen, und trotzdem bestätigen sie die Funde des Planktonnetzes auf das Vollkommenste.

Dahl [1]) zählte die Individuen der verhältnissmässig grossen Copepodenform Copilia vitrea aus dem Vertikalnetz. Seine Funde ergeben, dass die Vertheilung dieser Form auf die verschiedenen Fänge so regelmässig ist, wie sie bei theoretisch vollkommen gleichmässiger Vertheilung über die Tausende von Meilen messende Strecke kaum gleichmässiger gefangen werden könnte. Zu einem entsprechenden Resultate kam Maass [2]), welcher die kleinen Quallen untersuchte und speciell Rhopalomena velatum gezählt, und Apstein [3]), welcher die Tomopteriden untersucht hat. Die von diesen gefundene Gleichmässigkeit von drei mittelgrossen Formen ist so gross, dass Hensen daraufhin erklärt [4]), er sei der Ansicht, dass eine Säemaschine die Saat auf dem Acker nicht entfernt gleichmässig genug aussäen könnte, um eine solche Stichprobe, wie die oben angeführte, zu bestehen. Wenn auch die Behauptung gleicher Vertheilung durch die oben mitgetheilten Volumenmessungen schon genügend sicher gestellt ist, so sind dennoch die erwähnten Fänge auch in dieser Beziehung von allerhöchstem Interesse, erstens weil sie ganz unabhängig sind von denjenigen Fängen, aus denen die Volumenmessungen stammen, dann weil sie die Gleichmässigkeit auch für mittelgrosse Formen beweisen, während die oben mitgetheilten Messungen sich nur auf die Gesammtmasse der kleinen Formen beziehen, und drittens weil sie aus grösseren Tiefen stammen. Sie enthalten nämlich das Material aus einer verticalen Wassersäule von 400 Metern Tiefe, während die

[1]) Hensen, die Planktonexpedition und Häckels Darwinismus, pag. 36. Genaueres in einer demnächst in den Zool. Jahrbüchern erscheinenden Abhandlung von F. Dahl.

[2]) Maass, Die craspedoten Medusen der Planktonexpedition. Sitzungsberichte d. K. P. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1891 p. 333.

[3]) Hensen. Die Planktonexpedition, pag. 38.

[4]) Hensen, l. c.

zur Vergleichung der Volumina benutzten Planktonfänge aus einer Schicht von nur 200 Metern stammen.

Vergleichung von Ocean-und Mittelmeer-Plankton.

Es dürfte von besonderem Interesse sein, eine Vergleichung zu erhalten über die Mengenverhältnisse des Planktons im Ocean mit denen des Mittelmeeres, an dessen Küsten das Material für so viele botanisch-zoologische Untersuchungen gesammelt wurde, und speciell dürfte dieses gelten für den gewissermassen als klassischen Ort der Meeresforschung zu betrachtenden Golf von Neapel.

Da man sich bisher bei der Meeresforschung hauptsächlich mit speciellen Fragen beschäftigte, so konnte man selbst für den Golf von Neapel noch nicht mit Annäherungswerthen angeben, welche Planktonmengen derselbe unter seiner Oberfläche heherberge. Diese Lücke kann ich jetzt wenigstens theilweise ausfüllen. Durch meine quantitativen Planktonzüge mit dem Hensenschen Netz, die ich im Winter 1888-89 in Neapel machte, kann ich jetzt wenistens einige Zahlenwerthe angeben, welche Aufschlüsse über die Masse des Gesammtplanktons im Golf von Neapel geben. Am 23. Oktober erhielt ich im Golf in einer Wassersäule von 0,1 qm Querschnitt und 200 m Höhe als Volumen des Gesammt-Mikro-und Mesoplanktons 2,8 cc. Es entspricht dies den Planktonmengen, wie sie auch die Planktonexpedition in der Sargassosee erhalten hat, und es zeigt sich damit, dass die Planktonmassen im Golf von Neapel keineswegs immer so unermesslich gross sind, wie bisweilen angenommen zu werden scheint. Es ist dies um so überraschender, wenn man bedenkt, dass noch vor Kurzem Hensen vorgeworfen wurde, er hätte in der Sargassosee zu wenig gefangen. Messende, vergleichbare Untersuchungen über die Mengen des Planktons der Sargassosee, welche ein objektives Bild darüber geben können, wie viel Masse hier zu erwarten sei, gab es vor Ausführung der Planktonexpe-

dition überhaupt nicht, es kann also diese angegebene Behauptung ihre Begründung nur in der ganz allgemeinen Annahme finden, dass so wenig wie die Planktonexpedition dort fischte, überhaupt nicht vorkommen könne. Eine solche Ansicht konnte sich, wie ich glaube, nur ausbilden im Hinblick auf die Massen von makroscopischem, in den oberen Wasserschichten lebendem Thiermaterial, welches sich häufig an den Küsten anhäuft. Dass solche Schätzungen und ihre Uebertragung auf die Hochsee aber leicht zu Irrthümern führen, zeigen meine Neapolitaner Messungen, denn wenn selbst im Golf von Neapel, der als besonders reich berühmt ist, lange Zeiten vorkommen [im Winter 1888-89 waren es nach Tabelle 13 des Anhanges 4 von 5 Monaten] wo der Planktongehalt wenig oder gar nicht grösser ist, als der Gehalt, den die Planktonexpedition für die Sargasso-See constatirt hat, so wird man wohl schwerlich den Schluss ziehen dürfen, dass die Untersuchung der Sargasso-See falsch sei, weil sie zu geringe Massen ergeben habe, vielmehr kann eine solche Annahme nur darauf hindeuten, dass man über den wirklichen Planktongehalt selbst der bestgekannten Küsten bisher noch recht mangelhaft unterrichtet war.

Haeckel [1]) macht der Planktonexpedition den Vorwurf, dass sie auch im Norden zu wenig gefangen habe, weil sie hier zu ungünstiger Jahreszeit, im Hochsommer nämlich statt im Frühjahr, gefischt habe. Wenn wir ganz absehen von dem im diesem Vorwurfe liegenden vollständigen Verkennen des eigentlichen Zweckes der Planktonexpedition, die ja nicht möglichst viel Pflanzen und Thiere fangen, sondern nur quantitative Versuche darüber anstellen sollte, wie viel lebendes Material vorhanden sei, und wenn wir ferner auch die Frage unberücksichtigt lassen, ob es überhaupt praktisch möglich gewesen wäre, im Frühjahr in der Nähe von Grönland quantitativ Plankton zu fischen, so wird doch dieser

[1]) Haeckel. Plankton-Studien, pg. 59.

Vorwurf schon dadurch entkräftet, dass bisher niemand bewiesen hat, dass in den betreffenden Regionen im Frühjahr mehr Plankton zu finden sei als im Herbst, die Berechtigung, dieses a priori annehmen zu dürfen, das erscheint aber um so zweifelhafter, wenn man die Werthe vergleicht, die ich in Neapel erhalten habe, und welche gerade im Herbste die grössten, im Frühjahr aber die kleinsten Zahlenaufweisen.

Dass der oben angeführte Neapolitaner Fang vom 23 October kein Ausnahmefang von besonders geringer Quantität ist, das beweisen die anderen Fänge. Leider bin ich bei späteren Excursionen nicht mehr bis zu 200 m. Tiefe hinuntergegangen, sondern ich habe mich mit Fängen von 100 m begnügt. Die Fänge sind also nur mit Hülfe einer Reduktion zur Vergleichung heranzuziehen. Ich erhielt dabei aus einer Wassersäule von $0,_1$ qm Querschnitt und 100 m Tiefe folgende Planktonmengen: im Januar 2 cc, Februar $1,_5$ cc, März $1,_5$ cc. Nehme ich nun an, dass in den nächsten 100 m Tiefe dieselben Planktonmengen vorkommen wie in den oberen, was wahrscheinlich etwas zu hoch gegriffen ist, so würde die Planktonmenge im Golf in 4 verschiedenen Monaten auf eine Säule von 200 m Tiefe berechnet, kommen auf $2,_8$, 4, 3, 3 cc. Es sind dies alles Zahlen, die in die Zahlenreihe der Planktonfänge aus dem Florida-Strom und der Sargasso-See vorzüglich hineinpassen. Das Mittel der Fänge ist $3,_2$ cc, was dem Mittelwerth aus den Sargasso-See-Fängen ($3,_3$ cc) sogar bis auf $0,_1$ cc nahe kommt.

Diese Beziehung von Mittelmeer und Sargasso-See und Florida-Strom wird noch viel interessanter, wenn wir uns nicht auf die Gesammtvolumina beschränken, sondern auch den Inhalt der Fänge berücksichtigen. Wie ich, meinen späteren Publicationen vorgreifend, hier schon bemerken will, habe ich in dem genannten Winter in Neapel die Vegetation des Golfes auch in qualitativer Beziehung ganz ähnlich so zusammengesetzt gefunden, wie ich sie auf der Planktonexpedition in dem Florida-Strom und in der Sargasso-See beob-

achtete. Die Vergleichung der Zählungen meiner Neapolitaner Fänge mit denen der entsprechenden Fänge der Planktonexpedition verspricht desshalb in pflanzen-und thier-geographischer Hinsicht interessante Aufschlüsse, die aber naturgemäss erst nach Beendigung der Zählungen der Expedition zu erwarten sind.

Tiefenverbreitung.

Die Forschungen der Verbreitung des Planktons in horizontaler und in verticaler Richtung sind zwei verschiedene Aufgaben. Die Planktonexpedition hatte sich vorwiegend die erste Aufgabe gestellt. Hensen hat aber auch schon einen Vorstoss nach der andern Richtung hin gemacht, indem er eine Anzahl Stufenfänge ausführte. Die damit erreichte Vollständigkeit ist natürlich noch nicht im entferntesten genügend. Die vorhandene Zahl der Fänge reicht noch nicht einmal aus für die Erkenntniss der horizontalen Verbreitung, wie viel weniger ist dieses für die Verticalverbreitung zu erwarten; um diese vollkommen aufzuklären ist erst eine viel grössere Vollständigkeit des für die Entscheidung solcher Fragen nöthigen, auf exacte Versuche gegründeten Beobachtungsmaterials zu erzielen. Vor der Hand geben jedoch die gemachten Stufenfänge schon ein annäherndes Bild über die Verhältnisse der Tiefenverbreitung, das trotz seiner Unvollständigkeit immer noch bei weitem das genaueste ist, das zur Zeit überhaupt gegeben werden kann, und dabei eine Reihe von Irrthümern, die man bisher begehen konnte, ausschliesst. Die Stufenfänge theilen sich in zwei Gruppen: in Fänge mit dem Schliessnetz und in solche mit dem offenen Planktonnetz. Zur Erforschung der Tiefenverbreitung kann ich an dieser Stelle vorlegen die Messungen des Volumens von 45 Fängen die für die Verbreitungsfrage vorwiegend in Betracht kommen nämlich von 31 Schliessnetzfängen und von 14 Stufenfängen mit dem Planktonnetz.

Schliessnetzfänge.

Der Hauptwerth dieser Fänge zeigt sich erst bei der speciellen Bearbeitung, der Auszählung. Ich gebe hier nur die Volumina in den Tabellen 10-11. Es zeigt sich dabei recht deutlich die Ueberlegenheit der Zählung gegenüber der einfachen Volumenbestimmung; denn diese ist hier an der Grenze ihrer Brauchbarkeit angekommen, während die Zählung noch viel weiter gehen kann.

In der im Anhange mitgetheilten Tabelle 10 giebt die erste Rubrik die Fangstation die zweite die Tiefenschicht, welche von dem Netz durchfischt wurde, und das entsprechende Planktonvolumen, das hier gefangen wurde. + bedeutet dabei, dass zwar Material gefangen wurde, dass die Menge desselben aber so gering ist, dass sie mit Hülfe der angewandten Methode nicht mehr genau bestimmt werden kann. (Alle Werthe unter $1/_2$ cc wurden mit + bezeichnet). Die dritte Rubrik zeigt das an derselben Stelle mit dem offenen Planktonnetz aus der Tiefe von 0 — 200 m gefangene Volumen.

Die Fangfähigkeit des Netzes wurde durch Controllversuche festgestellt, indem das Netz horizontal nahe der Oberfläche gezogen wurde, und indem es weiter in geöffnetem Zustande auch vertikal durch die obersten Schichten gezogen wurde, also in beiden Fällen durch Schichten kam, welche sicher Planktonmaterial enthielten. In beiden Fällen zeigte sich, dass das Netz fähig war, grosse Planktonmengen zu fangen.

Das Resultat dieser Fänge ist folgendes: Die Hauptmenge des Planktonmaterials befindet sich in der obersten Wasserschicht zwischen 0 und 200 m Tiefe. In den folgenden Schichten ist überall noch Material enthalten, aber verglichen mit der Menge der Oberflächenschichten in verschwindend geringen Mengen. Diese Fänge widerlegen auf das evidenteste

eine Menge Phantasien, die man sich über den Planktonreichtum der grösseren Tiefen und über den wechselnden Gehalt an Planktonmaterial in verschiedenen Tiefen gemacht hat. Man weiss von einigen, namentlich grösseren Organismen, dass sie unter gewissen Umständen, z. B. bei hellem Sonnenlicht oder bei Regen mehr in die Tiefe gehen. Diese Erfahrungen sind in unvorsichtiger Weise dahin verallgemeinert worden, dass die Planktonorganismen durchweg diese Wanderungen unternehmen. Diese Vermuthung über das Steigen und Fallen der allgemeinen grossen Planktonmassen durch grosse Meeresstrecken wird durch diesen Versuch widerlegt. Dabei soll natürlich gar nicht geleugnet sein, dass einzelne, namentlich grössere, mit selbständiger Bewegung begabte Organismen Wanderungen in die Tiefe unternehmen. Dass sie bei ihren täglichen Wanderungen aber grössere Tiefen als 200 m (die Tiefe der gewöhnlichen Planktonzüge) erreichen, ist selbst für die grösseren, beweglichen Formen wohl schwerlich constatirt worden.

Stufenfänge mit dem offenen Planktonnetz.

Die Stufenfänge mit dem Planktonnetz führen zu demselben Resultate wie die Schliessnetzfänge. Auch aus ihnen ergiebt sich nämlich, dass die Hauptmasse der kleinen Planktonorganismen in einer Tiefe zwischen 0 und 200 m sich aufhält. Durchgehende Reihen von Stufenfängen an derselben Stelle wurden auf der Planktonexpedition leider nicht gemacht; aber es wurden doch an verschiedenen Stellen Fänge aus verschiedenen Tiefen gemacht, die direkt verglichen werden können mit dem an derselben Stelle gemachten Fange von 200 m Tiefe. In der Tabelle 11 des Anhangs sind die entsprechenden Werthe zusammengestellt.

Setzen wir das Planktonvolumen, das aus der verticalen Wassersäule von 0,1 qm Querschnitt und 200 m Höhe gewonnen wurde, gleich 1, so erhalten wir von obigen aus der

Sargasso-See und dem Südäquatorial-Strom stammenden Fängen die folgenden sehr instruktiven Vergleichswerthe:

Tiefe:	0-100	0-200	0-400	0-600	0-1000	0-2000 m
Volumen:	0,5	1	1,3	1,8	1,9	2,3 cc.

Noch instruktiver vielleicht ist eine Vergleichung der Planktonvolumina der Partial-Wassersäulen der verschiedenen Tiefe. Es fand sich zwischen:

Tiefe:	0-200	200-400	400-600	600-1000	1000-2000 m
Volumen:	1,0	0,3	0,4	0,1	0,4 cc.

Die hieraus sich ergebende Zahl 1 : 1,3 oder vielmehr der genauere, ohne Abrundung erhaltene Werth 1 : 1,33 für das Verhältniss der Fänge von 200 m zu denen von — 400 m Tiefe wurde bei den oben ausgeführten Reductionen der nordischen Fänge VII 20 a — 25 a benutzt. Diese auf die Tiefenverbreitung bezüglichen Werthe können keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen; sie dürfen vielmehr nur als Annäherungswerthe gelten, die später durch genauere Zahlen zu ersetzen sind. Sie wurden hier aber dennoch gegeben, weil sie zur Zeit immer noch das Genaueste sind, was man über diese Frage weiss. Da man bisher wegen vollkommener Nichtkenntniss dieser Verhältnisse gar keine Grössen angeben konnte, selbst bei Zulassung grösstmöglicher Fehlergrenzen, so sind diese Werthe immer noch sehr viel genauer als diejenigen, welche man mit Hülfe der Spekulation an ihrer Stelle einsetzen könnte. Sie wurden ferner gegeben, weil durch sie eine Menge von Irrtümern, die durch Spekulationen, welche nicht durch das Experiment gestützt wurden, entstehen können, ausgeschlossen werden, und weil sie ferner voraussichtlich auch nicht so bald durch genauere ersetzt werden. Wenn man genauere Zahlen haben will, so müsste das System der Stufenfänge viel ausgedehnter angewandt werden, als es auf der Planktonexpedition geschehen konnte; und zwar muss dann so, wie es auf der Planktonexpedition

bezüglich der horizontalen Verbreitung für die Sargasso-See schon geschehen ist, für ein Stromgebiet eine grössere Anzahl von Serien von Stufenfängen gemacht werden, wobei dann jede Serie an demselben Orte auszuführen wäre. Nur durch solche exacte Versuche, nicht durch subjective Schätzungen und Speculationen lassen sich die Fragen nach der Constanz oder Inconstanz der vertikalen Verbreitung ermitteln und namentlich auch für dieses Gebiet genaue Zahlenwerthe für das Verhältniss der Planktonmengen in verschiedenen Schichten des Meeres gewinnen.

Eine zweite Aufgabe wäre es dann, zu constatiren, ob das ermittelte Planktonvolumen-Verhältniss der verschiedenen Tiefen überall dasselbe ist, oder ob es in verschiedenen Stromgebieten wechselt. Die Stufenfang-Serien müssten, um diese Frage zu lösen, in verschiedenen Stromgebieten wiederholt werden. Es sind dies Fragen und Aufgaben, welche die Planktonexpedition nicht mehr lösen konnte, deren Lösung sie nur angefangen hat und dabei schon zu einigermassen brauchbaren Annäherungswerthen gekommen ist. Sie hat dabei gezeigt, dass die Aufgabe mit Hülfe der Hensenschen Methode lösbar ist; die endgültige Lösung muss sie aber späteren Expeditionen überlassen.

EINFLUSS DER ZEIT.

Uebersicht der Untersuchungen.

Die quantitative Planktonforschung hat zwei experimentell nach einander zu lösende Fragen zu entscheiden. 1. Was ist zu einer bestimmten Zeit an Plankton im Meere enthalten? und 2. wie verändert sich dasselbe mit der Zeit? Die Planktonexpedition konnte sich naturgemäss nur mit der Lösung der ersten Frage beschäftigen. Um die zweite zu lösen, hätte sie in den Stromgebieten, welche sie in 4 Monaten durchschiffte, mindestens je ein Jahr lang verweilen

müssen. Für die Lösung der ersten Frage war aber möglichst grosse Schnelligkeit der Expedition wünschenswerth. Theoretisch wäre es, wie Hensen aussprach[1]), sogar am besten gewesen, sämmtliche Fänge zu gleicher Zeit zu machen, eine Forderung, die natürlich praktisch nicht ausführbar ist.

Küstenstudien.

Vor der Hand hat man sich bezüglich dieser Fragen auf das Studium der Küsten beschränken müssen. Diese Vorarbeiten an den Küsten sindschon seit Jahren kräftig in Angriff genommen. Als Vorläufer auf diesem Gebiet können wir die Arbeiten einiger Forscher betrachten, welche für ihr Specialfach schon den Nutzen, den die Berücksichtigung der Massenverhältnisse bringt, erkannt und für ihre Formengruppe wenigstens approximativ schätzend auch die Massenverhältnisse berücksichtigten. Einer dieser Forscher war K. Brandt, welcher für die Radiolarien die im Verlauf eines Jahres vorkommenden Schwankungen des Massenauftretens im Golf von Neapel verfolgte. Ein anderer, der ähnliche Studien machte war Graeffe, ein dritter Schmidtlein. Solcher Studien giebt es aber nur wenige, und sie sind immer nur auf wenige Gruppen der Organismen ausgedehnt worden und genügen deshalb nicht im Entferntesten, um ein Gesammtbild der Verhältnisse zu gewinnen.

Der erste, der die Gesammtheit aller Planktonorganismen in ihren zeitlichen Schwankungen zu umfassen suchte, war Hensen, der schon im Jahre 1884-85, wie oben im Capitel « Excursionen und Expeditionen » angegeben wurde, in monatlichen Intervallen in der westlichen Ostsee fischte und die Veränderungen über ein Jahr hindurch regelmässig constatirte. Von 1885-88 habe ich selbst regelmässig in halb- bis ganzmonatlichen Abständen Planktonmaterial gesammelt,

[1]) Hensen. Die Planktonexpedition.

um für die zeitlichen Schwankungen wenigsten Annäherungswerthe zu gewinnen. Seit 1888 werden von K. Brandt im Verein mit C. Apstein mit dem Hensenschen Apparat die Untersuchungen so fortgesetzt, wie sie Hensen für das Jahr 1884 - 85 begonnen hatte, so dass hier in Kiel gewissermassen nach Art der meteorologischen Beobachtungsstationen eine Art Plankton-Beobachtungsstation entstanden ist, welche die Schwankungen des Planktongehaltes der westlichen Ostsee in monatlichen Intervallen fortlaufend registrirt.

Es hat sich infolge dieser Jahre lang fortgesetzten Untersuchungen schon ein beträchtliches Material zur Lösung der Zeitfrage in Kiel angesammelt, von dem aber bisher nur der erste Theil, welcher die Hensenschen Planktonfänge von 1883-85 behandelt, der Oeffenlichkeit übergeben ist.

Im Winter 1888-89 habe ich dann für den Golf von Neapel diese Frage in Angriff genommen. Auf diese Untersuchungen werde ich weiter unten noch zurückkommen. Man wird also gewiss nicht behaupten können, dass die junge quantitative Planktonforschung die wichtige Frage nach dem Einfluss der Zeit aus den Augen verloren habe, wenn auch noch nicht viel von den Resultaten der Oeffentlichkeit übergeben ist. Wenn man bedenkt, dass solche Untersuchungen erst lange Zeit fortgesetzt werden müssen, damit die allgemeinen Resultate sicher gestellt sind, so wird man auch nicht tadeln, dass diese Untersuchungen über den Einfluss der Zeit nicht in voreiliger Weise möglichst schnell publicirt sind, sondern ruhig aufgesammelt wurden, um dann mit um so grösserer Sicherheit hervortreten zu können.

Wechsel der Jahreszeiten in der westlichen Ostsee.

Auf einige Punkte dieser Zeitfrage glaube ich hier aber doch aufmerksam machen zu müssen. Ein sorgfältiges Studium

der erwähnten Hensenschen Schrift[1]) lässt uns als Ergebniss der Planktonuntersuchung von 1884-85 für die westliche Ostsee eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung erkennen. Hensen constatirte namlich durch seine Planktonuntersuchung einen eigenthümlichen Wechsel der Planktonbionten und zwar in mehrfacher Beziehung, nämlich sowohl bezüglich des Gesammtvolumens, als auch der einzelnen Theile. Das Gesammtvolumen zeigte während des Jahres eine Anzahl Maxima von verschiedener Höhe, welche durch mehr oder minder weit ausgedehnte Minima getrennt wurden. Bezüglich der einzelnen Species, die der überwiegend grossen Mehrzahl nach bezüglich ihrer biologischen Verhältnisse noch vollkommen unbekannt waren, stellte sich ferner heraus, dass ihr Auftreten in verschiedenen Zeiten dieses Jahres ein ausserordentlich ungleiches war, aber nicht, wie es nach den Lehren der Vertreter der Regellosigkeit der Planktonvertheilung erwartet werden sollte, in der Weise, dass bald grosse, bald kleine Mengen vorhanden waren, sondern es stellte sich für jede Species eine bestimmte Zeit heraus, in welcher das Auftreten derselben ein Maximum erreichte. Zu diesem Maximum stieg die Zahl der Individuen gewöhnlich kurz vor einer bestimmten Zeit schnell an und fiel darauf eben so schnell wieder ab.

Dass gewisse Planktonformen Maxima ihres Vorkommens besitzen, war schon vorher bekannt. Für eine sehr grosse, vielleicht die grösste Zahl derselben und namentlich für die im Gesammtleben der See hauptsächlich ins Gewicht fallenden Formen war jedoch auch dieses noch nicht bekannt. Das Interessanteste dabei sind aber die weiteren, der allgemeinen Meeresbiologie angehörigen Ergebnisse, die sich aus der Beobachtung der einzelnen Species ergeben und nur durch Vergleichung der Gesammtmengen der Individuen jeder Species

[1]) Über die Bestimmung des Planktons. Bericht der Kommission z. w. U. d. d. M. in Kiel 1887.

zu verschiedenen Zeiten zu stande kommen können, Vergleichungen, welche aus der Zeit vor den Hensenschen Untersuchungen natürlich fehlen mussten.

Eine Vergleichung des Vegetationsmaximums der einzelnen Formen lehrt weiter, dass die verschiedenen Höhepunkte der einzelnen Formen, z. B. der verschiedenen Diatomeen- und Peridineen-Species zu sehr verschiedener Zeit erreicht werden, und dass diese Höhepunkte sich ferner über das ganze Jahr vertheilen. So hat z. B. ihr Maximum: Chaetoceros im März, Rhizosolenia alata im Juni-Juli, Ceratium tripos[1]) im October u. s. w.

Noch interessanter wird der Vergleich, wenn wir die Massenverhältnisse der einzelnen Species zu je einer Zeit mit denen der folgenden Zeit vergleichen. Es stellte sich bei der erwähnten Hensenschen Fangserie heraus, dass im Jahre 1884-85 in den verschiedenen Zeiten je eine Form oder doch nur wenige derselben vorherrschten, dass diese Formen in dieser Zeit vollkommen dominirend im Plankton auftraten und dann verschwanden, worauf eine andere Form die Herrschaft erlangte. So wechselte z. B. das Vegetationsmaximum der oben genannten Pflanzen in der mitgetheilten Reihenfolge mit einander ab, so dass das Maximum der vorhergehenden immer schon vorüber war, wenn das Maximum der folgenden eintrat.

Dass hier und da eine Form dominirend im Plankton auftritt, das konnte auch schon früher der Beobachtung nicht entgehen. Wir besitzen Notizen, dass hier die eine, dort die andere Form vorgeherrscht habe; aber man wusste aus diesen Verhältnissen noch nicht viel zu machen, vielmehr wurde gerade daraus ein Irrthum abgeleitet, denn der Umstand, dass man eine Form in einer bestimmten Zeit dominirend fand, wenn man zu einer andern Zeit fischte, aber nicht,

[1]) Es sind dies fast alles Formen, über deren biologische Verhältnisse vor Hensens Untersuchungen noch fast gar nichts bekannt war.

leitete zu der Vermuthung, dass man es hier nur mit Zufälligkeiten zu thun habe. Den Glauben an diesen Zufall zu erschüttern und die Erkenntniss der Gesetzmässigkeit an seine Stelle zu setzen, das ist eine der Hauptaufgaben der quantitativen Planktonforschung, und diese Aufgabe wird mit Sicherheit in relativ kurzer Zeit gelöst bei consequenter Verfolgung des Hensenschen Forschungsplans.

Denselben Wechsel, den Hensen für das Jahr 1884-85 festgestellt hat, konnte ich dann für die Jahre 1885-88 jährlich wieder constatiren. Es traten dieselben Formen wieder auf und hatten ihr Maximum immer fast in derselben Jahreszeit. Dieselben Formen erlangten ferner zu derselben Zeit die Herrschaft über die andern Formen und machten nach Ablauf derselben Zeit wiederum den anderen Platz, sodass eine streng gesetzmässige Periodicität constatirt werden konnte. Diese Periodicität konnten dann nach einer persönlichen Mittheilung auch die Herren Prof. Brandt und Dr. Apstein constatiren infolge ihrer regelmässigen Planktonfahrten in die westliche Ostsee. Es haben sich also für die westliche Ostsee diesem Meerestheile eigenthümliche, regelmässige Vegetationsverhältnisse feststellen lassen. Die eine Form kommt, wächst und verschwindet dann wieder von der Oberfläche und macht einer andern Form Platz, welche nun für ihre Zeit die Herrschaft behauptet, um dann auch wieder zu weichen, und dieses Spiel wiederholt sich Jahr um Jahr mit derselben Regelmässigkeit, wie alle Frühjahre die Bäume grün werden und im Herbst ihr Laub abwerfen; und mit ebenso zweifelloser Sicherheit, wie die Kirschen vor den Sonnenblumen blühen, so erreichen auch die Skeletonemen ihren jährlichen Culminationspunkt früher als die Ceratien. Zwar treten auch hier, wie auf dem Lande, in den verschiedenen Jahreszeiten Verschiedenheiten zu Tage: in dem einen Jahre ist die Ernte grösser, in dem anderen kleiner, in dem einen etwas früher, in dem andern etwas später, aber der Grundcharakter der Periodicität kann durch diese kleinen Verschiebungen nicht

aufgehoben werden. So ist es im Wasser wie auf dem Lande; Schwankungen im Kleinen und Gesetzmässigkeit im Grossen hier wie dort. Bei der consequenten, exakten Untersuchung hat also das scheinbare Spiel des Zufalls, welches bald die eine, bald die andere Form zu begünstigen und bald dieser, bald jener eine Massenentwicklung zu gestatten schien, der Erkenntniss einer mit der Regelmässigkeit eines Gesetzes wiederkehrenden Periodicität zu weichen.

Constanz und Wechsel im Golf von Neapel.
a. Monatliche Schwankungen.

Ueber die Vegetationsschwankungen im Golf von Neapel hat man noch nicht so genaue Auskunft wie für die Ostsee. Es fehlt hier noch durchaus an exakten Untersuchungen, welche die einzelnen Species in ihren Wechselbeziehungen zu einander und zu der Gesammtheit des Planktons umfassen. Mit den oben erwähnten Planktonfängen vom Winter 1888-89 habe ich versucht, diese Lücke wenigstens theilweise auszufüllen. Ich kann das Resultat, so weit es sich um die einzelnen Componenten des Planktons handelt, erst später geben und will nur erwähnen, dass auch hier sich grosse Differenzen zeigen, dass im allgemeinen das Plankton zwar an Volumen dasjenige der Sargasso-See nicht überstieg, dass aber auch hier Zeiten vorkommen, wo eine Form sich in solcher Weise vermehrt, dass sie alle anderen Formen an Masse übertrifft und geradezu dominirend auftritt. Im November 1888 dominirte z. B. die Diatomeen-Gattung Chætocesos im Golf, und vergrösserte dabei durch ihre Massenhaftigkeit das Planktonvolumen um das mehrfache der in der übrigen Zeit gefundenen Zahlen. Zum Vergleich der Planktonmassen, die in den verschiedenen Monaten den Golf füllten, mögen hier die Volumenmessungen der Fänge von 20 m Tiefe stehen: $0._7$, 23, $1._5$, 1, 1 cc[1]).

[1]) Cf. Anhang Tabelle 13.

Es war mir leider nicht möglich, die Beobachtung über längere Zeit auszudehnen. Die Reihe ist darum auch nur unvollständig. Wenn es sich darum handelt, die Schwankungen der Jahreszeiten festzustellen, den Zufall vom Gesetz zu scheiden, so erhalten die Untersuchungen erst dann ihren vollen Werth, wenn sie über grössere Zeitperioden ausgedehnt werden. Indem ich das Material gewann, um für einige Monate die Veränderungen des Gesammtplanktons festzustellen, habe ich immerhin den Anfang einer solchen periodischen Untersuchung gemacht; und bei diesem Anfang kann ich mit Recht die grosse Bereitwilligkeit, mit der man meinen Bestrebungen in Neapel entgegenkam, hervorheben. Um so mehr bedauere ich, dass ich diese Untersuchungen nicht länger ausdehnen konnte und kann nur der Hoffnung Ausdruck geben, dass von Anderen auch die quantitative Seite der Planktonforschung in Neapel in Angriff genommen werden möge, da es von allergrösstem Interesse für die Wissenschaft ist, gerade für den so formenreichen Golf von Neapel, über dessen Fauna und Flora schon so viele Specialarbeiten existiren, auch die allgemeinen biologischen Verhältnisse, bezüglich deren man bisher noch nicht über Vermuthungen hinauskommen konnte, in Angriff zu nehmen und auch dieses Gebiet dem Reiche des Zufalls zu entreissen und dem Gesetz zu überliefern. Bei dem grossen Entgegenkommen, welches die Station meinen Studien gezeigt hat, und bei dem in Neapel herrschenden Bestreben, die Meeresforschung in ihrem allerweitesten Umfange zu fördern und durch Aufnahme immer neuer Specialdisciplinen die Ziele der Station stetig zu erweitern, glaube ich schliessen zu können, dass die zoologische Station es nicht an thätiger Unterstützung fehlen lassen würde, wo es sich darum handelt, ihr Untersuchungsfeld auch über dieses neue Gebiet auszudehnen. Wie mir, so würde sie, glaube ich, auch Anderen die Möglichkeit gewähren, diese neueste der naturwissenschaftlichen Disciplinen, die quantitative Meeresbiologie, in ihr schon so weites Programm aufzunehmen, und dadurch der

Wissenschaft sowohl neue Schätze zu erschliessen, als auch zugleich ein neues Blatt in den Ruhmeskranz der Station selbst einzuflechten.

b. Tägliche Schwankungen.

Bisherige Ansichten. Bei der Küstenfischerei nach Planktonformen, bei der es sich meist um die grösseren, makroscopischen Formen handelte, erhielt man selbst in kürzeren Zeitintervallen bald grössere, bald geringere Mengen von Individuen. Für manche Formen, z. B. für Oberflächen-Quallen, stellte sich offenkundig heraus, dass sie in ihrer Vertheilung von äusseren wechselnden Factoren z. B. vom Winde abhängig seien, indem ein günstiger Wind Formen, die das Oberflächenwasser bevorzugen, oft in grosser Zahl in den Buchten zusammentreibt, während sie in anderer Zeit vergeblich gesucht werden können. Für manche Formen ist mit Sicherheit constatirt, dass sie von der Beleuchtung abhängig sind, in der Weise, dass sie unter verschiedenen Umständen verschiedene Tiefen aufsuchen. In solchen Fällen konnten sie dem Horizontalnetzfang bald ganz entgehen, in andern Fällen dagegen wurden sie in grossen Mengen gefangen. Hieraus glaubte man auf grosse Unregelmässigkeit des Vorkommens innerhalb kleinerer Zeitabschnitte schliessen zu müssen. Für einzelne Formen, namentlich seltnere und solche Formen, die ihrer Entwicklung nach heerdenweise sich ausbilden, dürfte dies auch richtig sein; für eine grosse Zahl selbst dieser grossen Formen dürfte aber, da die Horizontalnetzfänge kein sicheres Urtheil über die Mengenverhältnisse gestatten, die Frage noch der weiteren exakten Prüfung bedürftig sein.

Jedoch führt der einfache Augenschein dabei leicht zu dem Glauben, dass diese Formen bezüglich ihres Vorkommens sowohl in zeitlicher als in örtlicher Beziehung so grossen Schwankungen unterworfen sind, dass eine Erkennung der Gesetzmässigkeit, die schliesslich überall in der Natur vor-

handen ist, nicht zu denken sei, und dass man ihr Vorkommen vor der Hand mehr als dem Zufall unterworfen betrachten müsse. Es liegt nun sehr nahe, diesen Schluss noch weiter auszudehnen über die Gesammtmasse des makroskopischen Planktons, und zu glauben, dass dieses denselben Schwankungen des Vorkommens unterworfen sei, so dass je nach der Gunst des Wetters, wobei namentlich das Vorherrschen des einen oder anderen Windes eine wichtige Rolle spielt, bald grosse Planktonmengen, bald geringe vorhanden wären. Es ist dies eine nahe liegende Vermuthung, die sich beim Betrachten der Fänge grösserer Formen, welche aus besonderen Gründen ungleichmässiger in ihrem Auftreten erscheinen müssen, sehr leicht einstellt. Objektive, exakte Beobachtungen, welche sich auf die Schwankungen der Massen des makroskopischen und mesoskopischen Materials ausdehnten, lagen aber nicht vor, ein direkter objektiver Beweis war also nicht gegeben. Deshalb hat wohl auch kein vorsichtiger, kritischer Planktonforscher dieses für mehr als eine wahrscheinliche Vermuthung angesehen. Diese Vermuthung wurde gestützt durch die oben besprochene, wohl ebenfalls ziemlich verbreitete Annahme der ungleichen örtlichen Vertheilung. Wenn die Vertheilung des Planktons so unregelmässig bald dicht, bald spärlich war, wie man dies glaubte, so war das leicht verständlich und erklärlich, dass je nach der Windrichtung bald grosse Planktonmassen (ich meine hiermit die wirklichen Massen, welche von meso-und mikroskopischem Material ausgemacht werden, nicht die einzelnen grösseren Formen, welche in ihrer Massenwirkung doch gegen die kleineren Formen weit zurücktreten) in den Golf getrieben werden, bald aber wenig vorhanden sein könne. Wenn jedoch die Vertheilung der Kleinplankton-Massen über grössere Strecken gleichmässig ist, so ist auch selbst an der Küste, wenigstens an einer Küste, die wie der Golf von Neapel weit gegen das Meer geöffnet ist, und die beträchtliche Tiefe hat, die grosse Ungleichheit nicht sehr wahrscheinlich; wenngleich ja a priori sich nicht ermessen

lässt, wie weit verändernden Einfluss eben die Landnähe auf die Vertheilung des Kleinplanktons in örtlicher und zeitlicher Beziehung haben wird. Immerhin musste man nach Erkennung der örtlichen Gleichmässigkeit im Meer in der Vertheilung den Werth dieser lokalen Einflüsse, wie Windrichtung und lokale Meeresströmungen, für geringer anschlagen als gewöhnlich geschieht. Das sind Fragen, die nicht durch Spekulationen zu lösen sind, sondern nur auf dem Wege des Experiments entschieden werden können.

Experimentelles Studium der Frage. Ich habe nun versucht, bei meinem Aufenthalt in Neapel auch dieser Frage experimentell näher zu kommen. Das Beste, Sicherste und Zuverlässigste wäre natürlich gewesen, die Frage nach der zeitlichen Gleichmässigkeit mit Hülfe der Hensenschen Methodik zu lösen. Dies war aber praktisch nicht ausführbar; denn, um das grosse Hensensche Planktonnetz auf dem Golf von Neapel zu handhaben, ist ein Dampfer nöthig, der mindestens die Grösse «Johannes Müller» (des grösseren Stationsdampfers) haben muss. Ferner geht bei Ausführung einer Expedition für die quantitative Planktonfischerei jedes Mal fast ein Tag für andere Arbeiten ziemlich verloren. Da es natürlich nicht möglich war, täglich solche Excursionen auszuführen so musste ich mich mit einer weniger exakten Methode begnügen, die aber, wie sich weiter unten ergiebt, doch befriedigende Resultate ergeben hat.

Oberflächenplankton.

Zeitliche Schwankungen des Oberflächenplanktons im Golf von Neapel. Bei diesen Studien war ich genöthigt, mich auf das Oberflächenplankton zu beschränken. Dieses suchte ich zur Entscheidung der genannten Frage dienstbar zu machen, indem ich mit einem Oberflächennetz längere Zeit hindurch täglich unter möglichst gleichen Bedingungen Plankton fangen liess und die erhal-

tenen Mengen mit einander verglich. Das Netz [1]) wurde an einem Tau befestigt hinter einem Ruderboot so geschleppt, dass es in geringer Entfernung unter der Oberfläche durch das Wasser strich. Nach dem Aufziehen des Netzes wurde der Fang in das schon während des Fanges am Sack befestigte Glas hineingespült. Mit diesem Netz wurde von den Fischern der Station täglich dieselbe Zeit (10 Minuten lang) gefischt. Die auf diese Weise gemachten Fänge sind zwar nicht direkt vergleichbar mit den Fängen des Hensenschen Netzes, da das Netz nur eine Horizontal-Wassersäule ausfischt, während das Hensensche Netz vertikal geht, besonders aber weil die Menge des durchfiltrirten Wassers für das Oberflächennetz nicht bekannt ist. Die Oberflächenfänge sind aber dennoch mit einem gewissen zulässigen Fehler unter sich vergleichbar; denn, wenn auch die Gesammtwassermenge, die bei jedem Einzelfang durchfiltrirt wurde, nicht bekannt ist, so kann man doch annehmen, wenn mit demselben Netz in der gleichen Weise stetig die gleiche Zeit gefischt wird, dass dann im allgemeinen die Wassermassen der verschiedenen, auf einander folgenden Fänge unter sich annähernd gleich sind. Vorausgesetzt ist dabei, dass hier wirklich Oberflächenfänge vorliegen, denn in grösseren Tiefen ist, wie oben ausgeführt wurde, das quantitative Fangen mittelst des Horizontalnetzes nicht möglich. Die Gleichheit der Vorbedingungen ist für diese Fangreihe des Oberflächennetzes also annähernd hergestellt und damit auch die Vergleichbarkeit der Fänge unter sich. Es liegt auf der Hand, dass bei dieser Fangme-

[1]) Das abgestumpft kegelförmige Netz hat eine Länge von 45 cm, der Durchmesser der vorderen Oeffnung ist 37 cm, der hinteren = 11 cm, letztere ist durch ein Glas von 1 $^1/_2$ Liter Inhalt verschlossen. Die Wand des Netzes besteht aus feiner seidener Müllergaze (wahrscheinlich Nr. 20) mit cr. 4000 Poren auf den Quadratcentimeter. Der für die Fangfähigkeit des Netzes hauptsächlich in Betracht kommende Durchmesser des grössten eingeschriebenen Kreises der Porenfläche ist im Mittel aus 25 Messungen = 0,03 mm.

thode nicht der Grad der Zuverlässigkeit und Genauigkeit erzeicht werden kann, wie beim Fang mit dem Hensenschen Netz, da es nicht möglich ist, mit dem Ruderboot stets die gleiche Wasserstrecke so genau zu durchmessen, wie beim Fang mit dem Hensenschen Netz mittelst des Taues. Man wird also von vorn herein einen grösseren Fehler zugeben müssen. Ob dieser Fehler so gross ist, dass er die Brauchbarkeit der Resultate stört, das ergiebt der Versuch selbst.

Die Frage, die entschieden werden soll, ist nun die, ob die Vertheilung in zeitlicher Hinsicht regellos oder regelmässig sei, d. h. es stellt sich hier in Bezug auf die Zeit dieselbe Frage, die wir vorhin mit Hülfe der Hensenschen Methode für den Ort gelöst haben, indem dort untersucht wurde, ob die Vermuthung, ob man beim Fortschreiten um geringe Ortsdifferenz bald auf dichte Planktonansammlung, bald auf geringe Mengen stossen könne, ebenso für die Zeit auch hier die entsprechende Vermuthung zu bestätigen oder zu widerlegen ist. Die Antwort auf diese Frage giebt mit ziemlicher Sicherheit die Differenzreihe [1]) zwischen je zwei

[1]) Bei Beurtheilung dieser Differenzreihe sind aber noch einige Umstände zu berücksichtigen, um ein zuverlässiges Bild zu erhalten. Wenn gar keine zeitlichen und lokalen Schwankungen vorhanden wären, so würde die Differenz nur der Ausdruck der Fehler der Fischereimethode sein, d. h. bei idealer Fischereimethode gleich 0 sein. Nun ist, wie oben erwähnt wurde, für die Ostsee schon constatirt, dass regelmässige monatliche Schwankungen vorhanden sind. Ahnliche Unterschiede des Volumens sind auch für den Golf von Neapel constatirt, so dass wir annehmen müssen, dass auch der Golf von Neapel grosse Schwankungen aufweisen wird. Es handelt sich aber darum, zu beweisen, ob diese Schwankungen, die in den quantitativen Fängen gefunden sind, ähnlichen regelmässigen Perioden angehören, oder ob sie vom Zufall abhängen. Wenn regelmässige Schwankungen vorhanden sind, so betheiligen sie sich auch an den täglichen Differenzen. Diese Differenzen können also nicht mehr gleich bleiben, sondern sie müssen wachsen und fallen. Est ist da zu untersuchen, wie viel von den wirklich gefundenen Differenzen auf Rechnung der monatlichen Schwankungen zu setzen ist, und wie viel wir als Unregelmässigkeiten auf die Tagesschwankungen und wie viel

aufeinanderfolgenden Tagesfängen. Diese Differenzen können auf Regellosigkeit des Vorkommens nur dann deuten wenn sie gross sind, und dabei wechselnd bald positiv bald negativ ausfallen.

«Gross» ist für die Beurtheilung ein zu relativer Begriff, es ist desshalb wünschenswerth zu wissen, welche Grössen etwa erwartet werden können. Der grösste Fang, der bisher mit dem Hensenschen Netz gemacht wurde, betrug 1645 cc und stammt aus 2 cbm Wasser. Auf der Planktonexpedition enthält der kleinste Fang, aus 20 cbm Wasser stammend, 1,5 cc. Das angewandte Oberflächennetz fängt, wie an anderer Stelle gezeigt werden wird, in 40 Minuten nur etwa $^{1}/_{2}$ cbm Wasser aus. Auf das Oberflächennetz reducirt würden die obigen Fänge also gleichwerthig sein mit 0,01 cc und 411 cc. Es würde sich hiernach die Möglichkeit herausstellen, dass bei absoluter Regellosigkeit im Vorkommen, nach den praktisch gefundenen Unterschieden gemessen, die grösste Differenz je zweier Fänge, die eventuell zu erwarten wäre, etwa 411 cc betragen könnte. Diese Differenz von 411 cc

auf die Rechnung der Fehler der Methode zu setzen haben. Auf die monatlichen Schwankungen will ich unten noch genauer eingehen, hier nur so viel, dass z. B. die in den Werthen 12 $7_{,5}$ $6_{,5}$ $2_{,5}$ — 8 11 14 13 5 liegenden Unterschiede ihrer Hauptmasse nach wohl als normale Schwankungen im Planktongehalt, der in mehreren Tagen wächst und dann wieder abfällt, aufgefasst werden müssen. Solche über gewisse Zeitstrecken ausgedehnte Undulationen des Planktongehalts geben natürlich auch Fangdifferenzen, die sogar dann, wenn alle 24 Stunden einmal gefischt wird, noch ziemlich beträchtlich sein können. Wie weit diese Undulationen im Zusammenhang stehen mit den periodichen Schwankungen des Jahresverlaufs, und wie weit sie von anderen Einflüssen als der Jahresperiode abhängen, das ist erst noch experimentell zu untersuchen. Jedenfalls ist doch in ihnen schon eine Regelmässigkeit zu erkennen. Sie können also nicht mehr als Zeichen der Regellosigkeit im Auftreten des Planktons aufgefasst werden, sondern als solche können nur die ohne erkennbare Regel bald in die Höhe schnellenden, bald abfallenden Grössen der Differenzreihe in Rechnung kommen.

könnte allerdings nur erreicht werden in extremen Fällen, wo die Ungleichmässigkeit das Maximum erreicht, welches nach dem bisher durch Ptanktonfänge mehrerer Jahre gemachten Erfahrungen zu erwarten wäre. In den meisten Fällen dürfte aber sebst bei sehr weit gehender Ungleichmässigkeit der zeitlichen Vertheilung dieser extreme Werth in der Differenzreihe nicht zu erwarten sein, er giebt also nur einen Grenzwerth ab.

Bei der angewandten primitiven Fangmethode ist es nicht möglich, eine Garantie für jeden Einzelfang zu übernehmen in der Weise, dass aus einer Ungleichheit im Fangresultat auch mit Sicherheit auf eine Unregelmässigheit im vorhandenen Volumen zu schliessen sei; denn jeder Fehler, der beim Fang gemacht wird, macht sich geltend als Ungleichkeit der Resultate. Wohl aber ist umgekehrt zu sagen, dass, wenn die Fänge durchgehend gleich sind, dass dann auch das im Meer vorhandene Volumen beim Fang gleich gewesen sein müsse, weil durch Fehler beim Fangen durchgehende Gleichheit der Fänge nicht erzielt werden kann. Dieser Umstand bewirkt es auch, dass die Oberflächenfänge nur nach der einen Richtung hin beweisend sind, nämlich nur dann, wenn sie Regelmässigkeit des Planktonvolumens ergeben, Wenn sie dagegen Unregelmässigkeit ergeben, so beweisen sie nichts, sondern sie sind vielmehr als quantitative Fänge zu verwerfen, weil nicht angegeben werden kann, worin die Unregelmässigkeit ihren Grund hat, ob sie in den Verhältnissen des Meeres begründet, oder ob sie nur in den Fehlern des Fanges zu suchen ist. Kleine oder in gleichem Sinn verlaufende Werthe der Differenzreihe können nie erhalten werden, wenn 1) grobe Fehler beim Fang gemacht wurden, 2) wenn lokale Regellosigkeit der Vertheilung vorhanden ist, 3) wenn zeitliche Regellosigkeit der Vertheilnng vorhanden ist. Wenn also der Versuch kleine oder in gleichem Sinn verlaufende Werthe der Differenzreihe ergiebt, so sind sowohl grobe Fehler als auch

lokale wie zeitliche Regellosigkeit der Vertheilung ausgeschlossen. Lassen wir nun den Versuch selbst sprechen.

Tabelle 14 das Anhangs giebt die bei den täglichen Oberflächenfängen aus dem Golf von Neapel erhaltenen Planktonvolumina ohne Reduction; in Tabelle 15 sind dieselben auf gleiche Fangzeit reducirt und dadurch leichter vergleichbar gemacht, zugleich sind in derdritten Rubrik der Tabelle 15 die Differenzen zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Fängen gezogen.

Die gefundenen Zahlen ergeben, dass selbst in der ersten, Zeit, wo die Fischer auf die Methode noch nicht eingeübt waren, die Differenzen in den Grenzen von wenigen Cubiccentimetern schwanken und dabei dann auch grossentheils, wenigstens da, wo sie gleichsinnig in positiver oder negativer Richtung verlaufen, auf monatliche Schwankungen (Undulationswellen der obigen Auseinandersetzung) zurückzuführen sind. In den späteren Monaten werden die Grössen der Differenzreihe sogar auf wenige Zehntel cc reducirt, eine Genauigkeit, welche mit der angewandten Methode nicht im entferntesten erwartet werden konnte, und welche mit Sicherheit darthut, dass alle drei erwähnten Bedingungen, welche Ungleichheiten hervorrufen hönnen, fehlen. Ferner ergiebt sich daraus, dass keine Regellosigkeit des Vorkommes zu constatiren ist, sondern dass sowohl zeitlich wie lokal die Gleichmässigkeit in der Planktonvertheilung eine sehr grosse ist. Bezüglich der Feststellung der lokalen Gleichmässigkeit der Vertheilung mache ich hier darauf aufmerksam, dass dieses der dritte Weg ist, auf dem man zu demselben Ziele gekommen ist: 1) die Fänge des Hensenschen Planktonnetzes, ermittelt aus der Volumenbestimmung, 2) die Fänge des Hensenschen Vertikalnetzes, ermittelt durch Auszählung mehrerer mittelgrossen Formen, 3) die Fänge mit dem Oberflächen-Horizontalnetz. Bezüglich der zeitlichen Schwankungen ergiebt sich ferner eine Bestätigung und Erweiterung der Stufenfänge des Oceans.

Diese ergaben nämlich, dass die Grundmassen des Planktons jedenfalls keine Massenwanderung in die Tiefen antreten, wenigstens nicht in grössere Tiefen als 200 m. Diese Oberflächenfänge stecken diese Grenze nun noch viel enger, da sie durch die Gleichmässigkeit der Differenzen angeben, dass selbst in sehr geringen Tiefen keine von den täglich wechselnden meteorologischen Verhältnissen abhängige Wanderung der Massen des Kleinplanktons in die Tiefe stattfinden kann, oder wenigstens nur in so geringen Grenzen, dass sie die Fehler der Oberflächen-Fangmetode nicht zu controllieren gestatten.

Regelmässige Schwankungen. Nachdem festgestellt ist, dass die in verschiedenen Zeiten gefundenen Unterschiede im Planktonvolumen nicht auf Regellosigkeit des Vorkommens zurückzuführen sind, gewinnen die constatirten Schwankungen unter weiterer Berücksichtigung der Erfahrung, dass in der Ostsee ähnliche Schwankungen als periodisch wiederkehrend beobachtet wurden, ein grösseres Interesse. Sie gewinnen ferner Interesse als Verbindungsglieder der in grösseren zeitlichen Zwischenräumen vorgenommenen Planktonfänge mit dem Hensenschen Netz, indem sie zeigen, dass die in den monatlichen Fängen sprungweise sich geltend machenden Unterschiede des Planktongehalts allmählich durch viele Zwischenstufen in einander übergehen. — Sie ergänzen ferner diese quantitativen Fänge des Hensenschen Netzes in der Weise, dass sie die Grenzen der einzelnen Abschnitte der Volumenkurve zeitlich genauer feststellen, z. B. fällt in den quantitativen Planktonfängen das Planktonmaximum des Winters auf den 5. Dezember während die täglich wiederholten Oberflächenfänge dieses Maximum weiter vorrücken auf die zweite Hälfte des November, und noch genauer angeben, dass, wenn mit dem Hensenschen Netz am 27. November gefischt worden wäre, mehr als das doppelte des jetzt als Maximalfang dastehenden Volumens gefunden wäre, nämlich annähernd 51cc. Es ergiebt

dies ferner, das solche Oberflächenfänge, die für sich allein nur sehr zweifelhaften Werth haben, dennoch, wenn sie möglichst nach quantitativen Principien gemacht werden, als werthvolle Ergänzungsfänge der genaueren quantitativen Fänge des Hensenschen Netzes dienen können. Eine Vergleichung des Werthes dieser Oberflächenfänge mit den Fängen des Hensenschen Planktonnetzes kann ich erst weiter unten geben, nachdem der Verlauf der aus den Oberflächenfängen sich ergebenden Kurve für die zeitlichen Schwankungen erkannt ist.

Die vergleichbaren Oberflächenfänge beginnen am 18. November mit 2,5cc. (Vergl. Anhang Tabelle 15). Dass wir uns hier schon auf dem ansteigenden Theil der Kurve befinden, zeigt der quantitative Fang vom 23. Oktober, nach welchem unter Einsetzung des unten zu besprechenden Reductionsfaktors für diesen Tag mit dem Oberflächennetz 0,2cc zu erwarten gewesen wäre. Die Kurve ist also schon beträchtlich gestiegen und steigt noch weiter bis zum 21. November, wo sie ein Maximum mit 12cc erreicht. (Die eintägige Depression vom 21. November glaube ich auf Rechnung der Fehlerhaftigkeit des Fanges setzen zu dürfen, ein Fehler, der nicht auffällig erscheinen kann, da die Fischer zu dieser Zeit noch wenig auf die neue Methode eingeübt waren). Dann sinkt das Volumen wieder und mit dem 24. November setzt eine neue Welle ein, die am 27. ihr Maximum mit 14 cc erreicht (Mit dem Hensenschen Netz würde dies in einer Wassersäule von 20 m Tiefe einer Menge von 54 cc entsprechen), die dann langsam aber constant durch 2 $^1/_2$ Monate hindurch sinkt, bis sie am 11. März nur noch 0,2 cc betrug. Den ganzen Januar, Februar und Anfang März hindurch hat das Gesammtvolumen 1 cc nicht überschritten. Ob die kleine lokale Schwankung vom 30. Dezember in einem wirklich vorhandenen grösseren Volumen oder in einem Fangfehler ihren Grund hat, bleibt noch unentschieden. Ich glaube das letztere. Wir haben also, insgesammt betrachtet, in dem Winter 1888-89 im Golf von Neapel vom 23. Oktober an

eine grosse Welle des Planktonvolumens zu verzeichnen, deren Kulminationspunkt auf die zweite Hälfte des November fällt, und die ferner in der Nähe ihres Maximums zwei Undulationen zeigt, welche als sekundäre Wellen auf der Kuppe der grossen Welle erscheinen.

Beziehungen zwischen Verticalfängen und Oberflächenfängen. Bei einer Vergleichung der im Golf von Neapel gemachten Oberflächenfänge mit den Fängen des Hensenschen Netzes ergiebt sich als erstes allgemeines Resultat, dass die Oberflächenfänge sich in ihrem Verlauf genau den zur selben Zeit gemachten Verticalfängen anschliessen. Da die einen nur die Oberflächenschicht, die andern dagegen die an Planktongehalt ungleichen verschiedenen Tiefenschichten durchfischen, so ist ein vollkommener Parallelismus nicht zu erwarten.

Eine Vergleichung der beiderseitigen Zahlenwerthe (Tabelle 16) ergiebt das Verhältniss am besten und giebt zugleich eine gegenseitige Controlle der nach zwei verschiedenen Methoden ausgeführten Fänge. Vergleichen wir die Oberflächenfänge mit den Planktonnetz-Fängen von 20 m Tiefe, so erhalten wir für den ersten Tag, wo beide Züge zusammenfallen, den 5. November, im Planktonnetz 23 cc, im Oberflächennetz 6 cc. Die Fänge verhalten sich also annähernd wie 4 : 1. Nehmen wir diese beiden Fänge, die natürlich jeder noch mit einem gewissen Fehler behaftet sind, als Norm für die weitere Vergleichung an, so erhalten wir am 9 Januar für das Planktonnetz : Oberflächennetz :

1,5 cc gefunden: 0,9cc berechnet: 0,4cc. Differenz 0,5

Dabei ist der Fang vom 9. Januar, wie es scheint, noch ein verhältnissmässig hoher. Für den folgenden und den vorhergehenden Tag wäre die Differenz noch geringer und zwar für beide Tage gefunden: 0,5, berechnet: 0,4, Differenz 0,1 cc. Für den 15. Febr. ergiebt der Oberflächenfang: gefunden: 0,1, berechnet 0,25, Differenz 0,15. Für den 8. März existirt kein Oberflächenfang. Vergleichen wir ihn mit dem

11. März, so erhalten wir: gefunden: 0,2, berechnet: 0,25, Differenz 0,05 cc. Die Differenz ist meistens so klein, dass sie schon innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegt, ganz abgesehen von den Fehlern der Fangmethode. Es ist dies also eine Uebereinstimmung der nach zwei grundverschiedenen Methoden gemachten Fänge, welche so gross kaum erwartet werden konnte.

Fangfähigkeit des Hensenschen Netzes und des Oberflächennetzes. Der oben gefundene Reductionsfaktor des Hensenschen Planktonnetzes und des von mir in Neapel angewandten Oberflächennetzes dürfte für manche Zoologen, welche praktisch an der See gearbeitet haben, einiges Interesse haben, weil diese vielfach mit meinem Oberflächennetz ähnlichen Netzen gearbeitet haben, und die dadurch einen Anhalt bekommen über die Leistungsfähigkeit des Hensenschen Netzes, welches in dem cr. eine Minute dauernden Zuge von 20 m vier mal so viel fängt, wie das erwähnte Oberflächennetz bei einem Zuge von 40 Minuten.

Reduction der Oberflächenfänge auf absolutes Maass. Die Fänge des Oberflächennetzes sind an sich nicht auf absolute Wassermasse zu beziehen, da die Wassermengen, welche bei einem Zuge durch dasselbe durchfiltrirt werden, nicht bestimmbar sind. Sie sind deshalb auch nicht direkt mit andern Fängen, sondern nur unter sich vergleichbar. Der oben angegebene, auf das Hensensche Planktonnetz bezogene Reductionsfaktor gestattet jedoch die Reihe dieser Fänge, die alle genau nach den oben angegebenen Bedingungen gemacht sind, auch auf die absolute Wassermasse zu beziehen. Wir können nämlich mit einem hier zu vernachlässigenden Fehler annehmen, dass das Hensensche Netz in dem angenommenen Falle 2 cbm Wasser abfiltrirt. Annähernd, allerdings mit einem ziemlich grossen Fehler, können wir darnach also auch annehmen, dass das oben erwähnte Oberflächennetz beim Fang von 40 Minuten nur $^1/_2$ cbm Wasser durchfiltrirt. Dass die in 40 Minuten durchfiltrirte Wassermenge nicht grösser ist,

das ist ein Resultat, welches vielleicht manchen, der mit ähnlichen Netzen gearbeitet hat, überraschen wird. Man ist sehr leicht geneigt, die durchfischte Wassermenge für viel grösser zu halten. Da aber das Hensensche Netz nicht mehr, sondern einen gewissen Procentsatz weniger als die theoretische Wassermenge durchfiltrirt, so wird die von dem Oberflächennetz durchfischte Wassermasse auch bei genauer Berechnung der Fänge des Hensenschen Netzes durch Einsetzung des genaueren Reductionsfaktors nicht grösser, sondern noch etwas geringer.

Nehme ich an, dass das Ruderboot in den 40 Minuten nur 1000 m zurückgelegt hat, so hätte das Oberflächennetz, wenn es vollkommen arbeitete, 100 cbm Wasser durchfiltriren müssen. Es sind aber nur 0,5 cbm Wasser hindurchgeflossen, also sind 99,5 cbm in der gleichen Zeit über den Rand des Netzes abgeflossen. Dieses Ueberfliessen ist ein principieller Fehler der bisher angewandten Oberflächennetze, welcher bei der Construktion des Hensenschen Netzes vermieden wurde durch Vergrösserung der Netzoberflache und durch Verkleinerung der Einflussöffnung mittelst des aufgesetzten Hensenschen Kegels (Figur. 1 b).

Für Oberflächennetze ist eine so bedeutende Vergrösserung der Netzfläche nicht gut thunlich; es ist darum eine ganz exakte Lösung quantitativer Fragen mit diesen Netzen auch nicht zu erzielen. Die gegebenen Werthe können deshalb auch nur als Approximativwerthe gelten mit den Grenzen der Zulässigkeit die sich aus den obigen Betrachtungen ergeben.

Bei Anwendung von Oberflächennetzen mit grösserer Maschenweite ändert sich das Verhältniss der überfliessenden zu den durchfliessenden zu Gunsten der letzteren. Aus den obigen Zahlen geht hervor, eine wie grosse Verschwendung von Zeit und Kraft man treiben würde, wenn man das feine Netz zum Fange von grösseren Organismen z. B. Copepoden, die noch durch ein Netz mit weiteren Maschen zurückgehalten

werden, anwenden wollte, statt, wie es rationell wäre, nie ein Netz von kleinerer Maschenweite zu verwenden, als gerade für den erwünschten Zweck nöthig ist.

Einfluss der Zeit auf oceanische Verhältnisse.

Die bisherigen Erfahrungen über den Einfluss der Zeit auf die Planktonmassen beziehen sich auf Küstenverhältnisse. Wenn diese auch ein ganz gutes Vorstudium sind für die Kenntniss der oceanischen Verhältnisse, so dürfen ihre Ergebnisse doch keineswegs auf die Verhältnisse der hohen See einfach übertragen werden. Da dasjenige, was man bisher durch die Beobachtung über die betreffenden Verhältnisse der hohen See kannte, nicht im entferntesten genügt, um ein zuverlässiges Bild zu geben, so sind wir für die Hochsee bezüglich des Einflusses der Zeit auf das Plankton jetzt noch auf Hypothesen angewiesen, deren Bewahrheitung oder Widerlegung mit der Zeit zu erwarten ist. Die Entscheidung durch das Experiment ist hier absolut nothwendig, wenn wir Sicherheit gewinnen wollen.

Das Küstenstudium lehrt uns für die westliche Ostsee einen ähnlichen Wechsel der Vegetationsverhältnisse kennen, wie dies in gemässigten Klimaten auch die Landflora zeigt. Dass ähnliche Voraussetzungen auch ähnliche Folgen haben werden, können wir auch für das Meer erwarten. Für die Küsten hat sich die Periodicität im Auftreten der Planktonmassen schon nachweisen lassen, es ist deshalb auch wohl gerechtfertigt zu glauben, dass auch in der Hochsee ähnliches stattfinden wird. In den kalten Gewässern des Nordens und Südens existirt in der Temperatur und Beleuchtung eine ziemlich grosse Aenderung während der verschiedenen Jahreszeiten. Wir können nun annehmen, dass analog der Landflora auch bei den Seebewohnern sich ein Unterschied herausstellen wird, in der Weise, dass bei Verschiedenheit der Lebensbedingungen in den verschiedenen Zeiten des Jahres, die stets wie-

derkehren, sich Formen in der Weise ausgebildet haben, dass die eine der einen Seite der Lebensbedingung, z. B. der grösseren Kälte und geringeren Beleuchtung, die andere der andern Seite, z. B. der grösseren Wärme und stärkeren Beleuchtung besser angepasst sind, und dass nun entsprechend der besseren Ausnutzung dieser Verhältnisse die entwicklungsgeschichtlichen Perioden aller Individuen eines ganzen Stammes auf eine bestimmte Jahreszeit, wo die Lebensbedingungen für diese betreffende Art eben die günstigsten sind, sich vereinigt finden, während zu anderer Zeit eben die andern Formen ihre günstigsten Lebensbedingungen finden und demgemäss auch ihre Massenentwicklung eintreten wird, während die erste Form zurücktritt und von der Oberfläche verschwindet, vielleicht dadurch, dass sie in ein Ruhestadium tritt, dass z. B. die im Norden zeitweise herrschenden Chaetoceros, nachdem die für ihre Wucherungsperiode günstigen Bedingungen abgelaufen sind, auch auf der Hochsee ebenso Dauersporen bilden und sich in die Tiefe senken, wie ich dieses für die Ostsee constatirt habe, um dann im nächsten Jahre bei Annäherung der für ihre Vegetation günstigen Zeit wieder von neuem aus ihrem Ruhestadium aufzuwachen und wieder von neuem zu erscheinen. In der Zwischenzeit könnten dann andere Planktonmassen auftreten und wieder durch neue abgelöst werden. Ich will damit allerdings nicht gesagt haben, dass dies für alle Formen stattfinden muss, wie es ja auch auf dem Lande an derselben Stelle Pflanzen giebt, welche in ihrer Vegetation nur an den Sommer angepasst sind und die im Winter ein Ruhestadium durchmachen, wie Buche, Eiche u. s. w., andere dagegen, welche das ganze Jahr hindurch vegetiren, ja sogar fast das ganze Jahr hindurch blühen wie Bellis perennis u. A. Aehnlich ist auch für Meerespflanzen anzunehmen, dass wohl die einen dem Wechsel der Lebensbedingungen durch Periodicität in der Entwicklungsgeschichte begegnen, wie z. B. Chætoceros, Rhizosolenia, Skeletonema dieses an den nordischen Küsten thun, andre dagegen den

Verschiedenheiten des ganzen Jahres angepasst erscheinen und darum auch das ganze Jahr hindurch annähernd in gleicher Zahl im Meere zu treffen sein werden. Aber gerade für diejenigen Formen, welche massenbestimmend auftreten, z. B. einzelne Diatomeen-Species, von denen schon Vertreter genannt worden, glaube ich annehmen zu müssen, dass sie auch in der See der höheren Breitengrade dieselbe Periodicität zeigen wie an den nordischen Küsten und, kann ich wohl weiter sagen, wie auch die Landpflanzen, denn auch hier sehen wir dieselbe Eigenthümlichkeit, dass in den höheren Breitengraden diejenigen Pflanzen, welche die Hauptmasse der Vegetation bilden, nur an je eine, bestimmte Jahreszeit angepasst sind und in dieser ihre grosse Productionsfähigkeit entwickeln, während diejenigen Pflanzen, welche durch das ganze Jahr hindurch gleichmässig vegetiren, an Masse gegen die ersten fast vollkommen zurücktreten.

Ganz anders ist dies in den Tropengegenden. Hier ist die Beleuchtung sowohl wie die Temperatur weit geringeren Schwankungen unterworfen, und damit fallen auch zwei der Haupttriebfedern für die Schwankungen der Vegetation weg. Wir sehen deshalb diese auch auf viel geringeres Maass reducirt. Es bleibt aber für die Landpflanzen immer noch ein sehr wesentlicher Faktor, die verschiedene Feuchtigkeit, als Differenz erzeugendes Moment bestehen. In denjenigen tropischen Gegenden, wo der Wechsel der Feuchtigkeit im Verlaufe des Jahres geringer ist, als in den stets feuchten und heissen Flussniederungen der Aequatorialgegenden, z. B. des Amazonenstroms oder den zwar kälteren, aber nebel-und regenreicheren der Aequatorialcordilleren, da fallen auch die Schwankungen, welche die Pflanzenwelt der Wechseldistrikte je nach der Regenzeit oder Zeit der Dürre zeigt, noch weg und die Vegetation dehnt sich in grosser Gleichmässigkeit über das ganze Jahr aus. Es wird nicht mehr wie in den kalten Gegenden die Hauptvegetation aller Species auf eine kurze Spanne Zeit zusammengedrängt, sondern die Vegetation bleibt während des ganzen

Jahres bestehen. Die sommergrünen Bäume werden durch immergrüne ersetzt, die Blüthezeit fällt nicht für alle Species zugleich in wenige Wochen des Jahres, weil kein zwingender Grund für die Ausbildung dieser Periodicität vorhanden ist. Ja selbst für einen und denselben Baum ist diese zeitliche Abgrenzung mehr oder minder verwischt, wie z. B. für die Chinabäume Südamerikas, welche das ganze Jahr hindurch zugleich Blüten, reifende und reife Früchte tragen.

In den Tropenmeeren fällt dieses Moment zur Erzeugung der Periodicität, die Feuchtigkeit, welche von den drei erwähnten für viele Landpflanzen vielleicht das wichtigste ist, ganz fort, und nur Licht und Wärme bleiben noch vorhanden, und dort, wo diese gar nicht oder nur wenig wechseln, ist auch kein Grund zu erkennen, warum ein periodischer Wechsel der Massenvegetation sich ausbilden soll, vielmehr ist zu erwarten, dass sich die Vegetation hier über das ganze Jahr gleichmässig ausdehnt ohne Bevorzugung bestimmter Zeiten. Für das Thierleben dieser Tropenmeere dürften dieselben Verhältnisse obwalten wie für die Pflanzen. Das einzige Moment welches Unterschied verschafft, dürften dann nur noch die Strömungen [1]) sein, indem diese aus dem kälteren und wechselreicheren Norden und Süden wechselnd verchiedene Formen mitführen können. Wo aber der Einfluss der Strömungen auf ein Minimum reducirt ist, wie z. B. in der Sargassosee, da ist auch dieses Moment zur Erzeugung der Periodicität nicht mehr oder doch nur in reducirtem Maasse vorhanden, und wir müssen darum für diese Meerestheile sehr grosse Gleichförmigkeit für das ganze Jahr erwarten.

Dieses ist natürlich nur Spekulation, welche des Beweises durch das Experiment bedarf, ein Experiment, auf dessen

[1]) Dass die Winde ausser ihrem indirekten Einfluss durch Erzeugung der Strömungen auch noch einen direkten, irgendwie ins Gewicht fallenden Einfluss haben sollten, ist kaum anzunehmen.

Ausführung wir allerdings noch einige Zeit werden warten müssen. Aber einigen Anhalt bietet schon die Planktonexpedition mit ihrem zweimaligen Durchschneiden der Sargassosee. Sie giebt ein allerdings nur sehr unsicheres Zeichen für die Richtigkeit der von Hensen ausgesprochenen Ansicht, dass die Flora und Fauna der Sargassosee sich nicht wesentlich im Laufe des Jahres ändern würde. Die Planktonexpedition durchschnitt die Sargassosee an demselben Punkte zwei mal und zwar das erste Mal am 22. August und das andre Mal am 19. Oktober, also fast 2 Monate nach einander. Es ist nun bemerkenswerth, dass die Fänge der zweiten Durchkreuzung trotz der Zeitdifferenz wieder dasselbe Volumen ergeben haben, welches nach dem ersten Durchschneiden in der Sargassosee zu erwarten war. Es ist dieses freilich kein zwingender Beweis, weil das Zeitintervall zu kurz ist. Die specielle Untersuchung, die Durchzählung der Planktonfänge nämlich, wird schon ein viel genaueres Kriterium abgeben, ob in diesen zwei Monaten eine Veränderung in dem Planktonmaterial eingetreten ist oder nicht; denn, wenn eine Veränderung der Zusammensetzung des Planktons eingetreten war ohne grössere Aenderungen des Gesammtvolumens, so musste dies der hier allein zu berücksichtigenden Volumenbestimmung entgehen; die Planktonzählung wird dieses aber mit Sicherheit constatiren können. Aber selbst wenn diese Zählungen die Gleichheit ergeben, so müssten dennoch, um sicher zu sein, noch zu verschiedenen Zeiten des Jahres periodenweise quantitative Planktonzüge in der Sargassosee gemacht und diese mit einander verglichen werden.

Meeresströmungen und Jahreszeiten. Ein zweifelhafter Punkt ist bei dieser Betrachtung des Einflusses der Zeit auf die Planktonmassen bisher noch übergangen worden. Das ist der Einfluss der Meeresströmungen auf das Planktonleben.

Als Hauptfactoren, welche eine Periodicität im Auftreten der Planktonmassen hervorbringen können, wurden vorhin

die im Laufe des Jahres auftretenden Veränderungen der Temperatur und der Beleuchtung erwähnt. Diesem Ungleichheit erzeugenden Princip gegenüber steht ein nivellirendes Princip, welches die entstehenden Ungleichheiten stetig auszugleichen strebt. Dasselbe wird repräsentirt durch die Meeresströmungen, welche fortwährend das an einem Orte entstandene Plankton mit sich fortführen, um es in andere Gegenden zu versetzen und dadurch eine allgemeine Mischung aller in verschiedenen Theilen entstandenen Planktonmassen zu erzeugen streben.

Die Meeresströmungen arbeiten stetig dahin, dass sich nicht in derselben schroffen Weise eine Lokalflora ausbilden kann, wie dies auf dem Lande möglich ist, denn wenn sich die Planktonpflanzen an bestimmte Lokalverhältnisse z. B. an die Temperatur eines bestimmten Ortes im Meere anpassen wollten, so müsste man doch annehmen, dass diese Lokalflora nicht dauernd lebensbeständig sein kann, weil fortwährend diejenigen Individuen, welche von dem Strom in andere Breiten mit anderen Temperaturen fortgeführt werden, untergehen müssten.

Die beiden Principien, die Veränderung des Planktons erzeugenden Temperaturschwankungen und die Gleichheit erzeugenden Meeresströmungen arbeiten sich direkt entgegen. Wenn die letzteren das vollkommene Uebergewicht hätten, so müssten wir erwarten, dass sich im Meere dauernd nur die kosmopolitischen Formen, d. h. diejenigen Formen, welche in allen möglichen Lebensbedingungen lebensfähig bleiben, erhalten können, vollkommene Gleichheit des Gesammtplanktons im Meere, in qualitativer wie in quantitativer Beziehung würde die Folge sein.

Bei Ueberwiegen des ersten Princips, kann sich dagegen der mehr oder minder deutlich ausgesprochene Charakter einer Lokalflora und-fauna ausbilden.

Dass die Meeresströmungen in Wirklichkeit kein völliges Nivellirungsvermögen besitzen, sondern dass die klimatischen

Verhältnisse des Meeres trotz der Strömungen doch eine grosse Rolle für die Ausbildung der Planktonmassen spielen, das lehrt die Vergleichung der von der Planktonexpedition gefundenen Planktonvolumina mit den Meeresströmungen. Wir müssen also annehmen, dass sich ein gewisser Gleichgewichtszustand eingestellt hat zwischen dem verändernden und dem gleichmachenden Princip. Wie dieses zu Stande kommt, wodurch die einzelnen Formen dem nivellirenden Einfluss der Strömungen begegnen, das sind Fragen die nicht durch die einfachen Volumenbestimmungen gelöst werden können, sondern welche zu ihrer Lösung schon die Kenntniss der biologischen Verhältnisse der einzelnen Formen verlangen. Um Aufschluss zu erhalten sind vorzugsweise die Entwicklungsgeschichte und die geographische Verbreitung zu studiren, bei letzterer, ist dann vorzugsweise auch auf die Massenverhältnisse des Vorkommens der einzelnen Species Rücksicht zu nehmen.

Einen beträchtlichen Schritt weiter gebracht werden wir in der Lösung dieser Fragen durch die unter Hensens Leitung rüstig fortschreitende quantitative Bearbeitung der Fänge der Planktonexpedition.







ANHANG.

ANALYTISCHE BELEGE.



I Horizontale Verbreitung.

Messungen der mit dem Hensenschen Planktonnetz gefangenen Volumina.

TABELLE 1.

Planktongehalt verticaler Wassersäulen von 0,1□m Grundfläche und 400m Tiefe.

STATION	POSITION GEOGRAPHISCHE Breite	Länge	Fangvolumen GEMESSEN MIKROSCOPISCH V_1	SCHLEIM V_2	MAKROSCOPISCH V_3	SUMME 1. Kleinplankton V_1+V_2	SUMME 2. Gesammtplankton $V_1+V_2+V_3$	REDUCIRT UNTER 1□m OBERFLACHE V	TEMPERATUR der Wasseroberfläche t	SALZGEHALT. ‰ s	STROMGEBIET. S
VII 20 a α	$59,^0_2$ N.	$11,^0_8$ W	11 [1]	—	—	**11**	11	110	$12,_4$	$35,_4$	Golfstrom [2]
β	» »	» »	14	—	—	**14**	14	140	$12,_4$		
b α	$59,_4$ »	$13,_3$ »	7	—	$7,_5$	**7**	$14,_5$	145	$12,_2$		
β	» »	» »	$8,_5$	—	7	**$8,_5$**	$15,_5$	155	$12,_2$		
21 b α	$59,_9$ »	$18,_8$ »	10	—	1	**10**	11	110	$12,_0$		
β	» »	» »	9	—	1	**9**	10	100	$12,_0$		
22 a α	$60,_2$ »	$22,_7$ »	21	—	—	**21**	21	210	$11,_6$	$35,_4$	
β	» »	» »	22	—	$0,_5$	**22**	$22,_5$	225	$11,_6$		Irminger See
23 a α	$60,_3$ »	$27,_0$ »	35	—	1	**35**	36	360	$10,_6$	$35,_3$	
β	» »	» »	34	—	1	**34**	35	350	$10,_6$		
23 b α	$60,_3$ »	$28,_8$ »	238	—	3	**238**	241	2410	$10,_3$		
β	» »	» »	206	—	$2,_5$	**206**	$208,_5$	2085	$10,_3$		
25 a –	$60,_1$ »	$36,_8$ »	103	—	—	**103**	103	1030	$8,_3$	$34,_8$	

[1]) Sämmtliche Volumenangaben beziehen sich auf « Roh-Volumen » nach der im Text gegebenen Definition. Sie geben die direkt gefundenen Werthe ohne Correction der unvermeidlichen Fangfehler (Abtrift u. Netzcoefficient).

[2]) Stromgebiet, Temperatur und Salzgehalt nach Krümmel.

TABELLE 2.

Reduction der Planktonfänge vom 400m Tiefe auf solche vom 200m Tiefe.

Bezogen auf Kleinplankton $= (V_1 + V_2)$

Reductionsfactor $\frac{1}{1,33}$.

Für die Doppelfänge α u. β ist der Mittelwerth eingesetzt.

STATION	Tiefe 400 m	Tiefe 200 m
VII 20 a	12,5	9,4
20 b	7,75	5,8
21 b	9,5	7,1
22 a	21,5	16,2
23 a	34,5	25,9
23 b	222	166,9
25 a	103	77,5

TABELLE 3.

Planktongehalt verticaler Wassersäulen von 0,1□m Grundfläche und 200m Tiefe.

STATION	POSITION		Fangvolumen V_1	V_2	V_3	V_1+V_2	$V_1+V_2+V_3$	V	TEMP. t	SALZ. s	STROMGEBIET S
VII 27 a	56,5 N.	42,7 W	162	.	—	162	162	1620	7,[illegible]	34,5	Westgrönlandstrom
29 a	50,8 »	17,3 »	5	—	—	5	5	50	10,6	34,5	
30 a	48,8 »	19,1 »	15	—	—	15	15	150	9,9	33,8	
c	48,1 »	19,8 »	4,5	—	—	4,5	4,5	45	11,1		Labradorstrom
VIII 1 b	43,8 »	54,9 »	2	—	—	2	2	20	17,2	32,5	
2 a	42,1 »	55,7 »	5	—	—	5	5	50	20,1	33,0	
b	41,6 »	56,3 »	2,5	—	9	2,5	11,5	115	23,6	35,1	
3 a	40,1 »	57,0 »	1,5	1,5	—	3	3	30	25,4	35,9	
b	39,4 »	57,8 »	3,5	—	—	3,5	3,5	35	25,6	36,2	Floridastrom
4 a	37,9 »	59,1 »	3	2	0,5	5	5,5	55	27,6	35,9	
b	37,1 »	59,0 »	5	4	—	9	9	90	26,3	36,1	
5 a	35,0 »	62,1 »	5	—	—	5	5	50	26,8	36,0	
6 -	33,2 »	63,8 »	2	1	—	3	3	30	26,6	36,2	
10 b	32,1 »	63,1 »	5	2	—	7	7	70	27,0	36,2	
11 a	31,8 »	61,2 »	2	1	—	3	3	30	27,2		
b	31,6 »	60,2 »	1,5	—	—	4,5	4,5	15	26,9		
12 -	31,5 »	59,0 »	2,5	—	—	2,5	2,5	25	26,7	36,4	
13 a	31,3 »	57,2 »	2	—	—	2	2	20	26,8	36,4	
14 a	31,0 »	54,1 »	2	—	—	2	2	20	26,8	36,4	
15 a	30,8 »	51,1 »	1,5	2	—	3,5	3,5	35	25,8	36,8	
16 a	31,2 »	48,5 »	1,5	0,5	—	2	2	20	26,0		Sargassosee
16 b	31,1 »	47,7 »	3	2	—	5	5	50	26,0		
17 a	31,1 »	46,6 »	1	1,5	—	2,5	2,5	25	26,2	36,3	
17 b	31,5 »	45,6 »	5,5	1	—	6,5	6,5	65	26,1		
18 a	31,7 »	43,6 »	3	1	0,5	4	4,5	45	25,7	37,0	
b	31,7 »	42,7 »	2	0,5	—	2,5	2,5	25	26,9		
19 a	31,5 »	40,7 »	2	1	—	3	3	30	25,5	36,9	
b	31,1 »	39,7 »	2	2	—	4	4	40	25,5		
20 a	30,3 »	37,9 »	2	0,5	—	2,5	2,5	25	25,4	33,9	
b	29,4 »	36,8 »	2	1	—	3	3	30	25,4		
21 a	28,0 »	35,0 »	2	1	—	3	3	30	24,5	37,0	
b	28,3 »	34,3 »	3,5	1	—	4,5	4,5	45	25,2		
22 a	27,1 »	33,3 »	3	1,5	—	4,5	4,5	45	24,8	37,0	
b	26,3 »	32,5 »	2,5	1	—	3,5	3,5	35	24,2		Nordl. Aequatorialstrom
23 a	25,1 »	31,5 »	2	1	—	3	3	30	24,1	37,4	
b	24,6 »	31,0 »	3	2	—	5	5	50	24,2		und
25 a	20,7 »	28,1 »	2	0,5	—	2,5	2,5	25	24,0	36,3	
b	19,9 »	27,2 »	1,5	—	—	1,5	1,5	15	24,5		Canarienstrom
26 a	18,9 »	26,4 »	4	5	—	9	9	90	24,7		
29 -	16,8 »	25,1 »	5	2	0,5	7	7,5	75	25,8		
30 a	10,1 »	23,1 »	6,5	9	—	15,5	15,5	155	25,9	35,9	
IX 1 a	13,3 »	22,7 »	4,5	4	—	8,5	8,5	85	26,[illegible]	36,1	
b	12,3 »	22,3 »	3	1	—	4	4	40	26,5		
2 -	10,2 »	22,2 »	11	5,5	2	16,5	18,5	185	26,6	35,6	
3 a	7,9 »	21,4 »	6	5	—	11	11	110	26,5	34,8	
4 a	5,9 »	20,3 »	4	5,5	—	9,5	9,5	95	26,7	34,8	
b	5,3 »	19,9 »	2	3	—	5	5	50	26,4		Guineastrom
5 a	3,6 »	19,1 »	4,5	1	—	5,5	5,5	55	26,3	35,7	
b	2,9 »	18,1 »	11,5	4	7	15,5	22,5	225	26,0		
6 a	1,7 »	17,3 »	4	3,5	—	7,5	7,5	75	26,0	35,3	
b	1,1 »	16,4 »	13,5	3	—	16,5	16,5	165	25,4		
7 a	0,1 »	15,9 »	30,5	—	—	30,5	30,5	305	23,4	35,6	
b	0,3 S.	15,0 »	30	—	—	30	30	300	23,1		
8 a	1,5 »	14,5 »	10	0,5	—	10,5	10,5	105	23,3	35,9	Südl. Aequatorialstrom
b	2,6 »	14,6 »	6,5	1,5	—	8	8	80	23,2		
9 a	4,1 »	14,2 »	67	1	—	68	68	680	23,8	35,[illegible]	
b	5,1 »	14,1 »	19	7	1	26	27	270	24,4		
10 a	6,8 »	14,2 »	13	3	—	16	16	160	24,1	35,3	
13 *)	7,[illegible] »	17,3 »	5	6,5	—	11,5	11,5	115	24,[illegible]	35,8	(Ascension)
14 a	7,5 »	20,3 »	3,5	0,5	—	4	4	40	24,8	35,8	
b	7,3 »	21,4 »	4	—	—	4	4	40	25,0		
15 a	6,9 »	23,4 »	2	1	—	3	3	30	24,5	35,6	
b	6,6 »	24,5 »	6,5	1,5	—	8	8	80	24,8		
16 a	5,7 »	26,5 »	2	—	—	2	2	20	25,2	35,8	
b	5,3 »	27,6 »	3	—	1,5	3	4,5	45	25,8		
17 a	4,4 »	29,2 »	5	3	—	8	8	80	25,5	35,8	Südl. Aequatorialstrom
b	3,9 »	30,1 »	3	1	1,5	4	5,5	55	25,9		
18 a	3,8 »	32,6 »	4	—	0,5	4	4,5	45	26,3	35,9	
b	3,6 »	33,2 »	2,5	1	—	3,5	3,5	35	26,4		
19 a	2,8 »	35,2 »	4,5	1,5	—	6	6	60	26,4	35,9	
b	2,4 »	36,4 »	4,5	3	—	7,5	7,5	75	26,5		
20 a	1,8 »	38,1 »	5	1,5	—	6,5	6,5	65	26,6	35,9	
b	1,5 »	39,2 »	3	1	—	4	4	40	26,7		
21 -	0,4 »	42,4 »	8	2	—	10	10	100	27,1	36,0	
22 a	0,1 »	44,2 »	4	1	—	5	5	50	26,9	36,0	
X 9 -	0,4 N	46,6 »	8	—	—	8	8	80	26,7	36,1	Rio Tocantins-Para
11 -	6,7 »	43,3 »	6	—	—	6	6	60	28,5	31,7	Südl. Aequatorialstrom
12 -	9,4 »	41,9 »	7,5	2	—	9,5	9,5	95	28,0	35,0	Guineastrom
13 -	12,0 »	40,3 »	10,5	2,5	—	12,5	12,5	125	27,2	35,8	
16 -	20,4 »	37,8 »	14,5	—	—	14,5	14,5	145	25,5	36,8	Nordl. Aequatorialstrom
18 -	25,6 »	31,9 »	5	—	—	5	5	50	24,8	37,3	
19 -	27,8 »	33,0 »	1,5	0,5	—	2	2	20	24,2	37,2	Sargassosee
20 -	30,8 »	30,9 »	1,5	0,5	—	2	2	20	23,3	36,7	
28 -	39,1 »	23,5 »	2	1,5	—	3,5	3,5	35	18,9	35,9	
29 -	41,1 »	21,1 »	1	1	—	2	2	20	17,6	35,9	Golfstrom
30 -	43,6 »	17,9 »	7,5	7,5	0,5	15	15,5	155	16,2	35,9	

*) IX 13 — 225m Tiefe



TABELLE 4.

Planktongehalt verticaler Wassersäulen von 0,1□m Grundfläche u. verschiedenen Tiefen.

STATION	POSITION	TIEFE	V_1	V_2	V_3	V_1+V_2	$V_1+V_2+V_3$	S
VII 19 a α	58,°7 N. 6,°5 W	100m	13	—	9	**13**	22	Golfstrom
β	» » » »	100	16	—	11	**16**	27	
29 b	50,0 » 48,1 »	300	156	—	—	**156**	156	Labradorstrom
31 a	47,0 » 51,5 »	80	2	—	2	**2**	4	
VIII 10 a	32,6 » 64,6 »	11	4,5	—	—	**4,5**	4,5	Bermuda
14 a	31,0 » 54,1 »	600	3,5	—	—	**3,5**	3,5	Sargassosee
15 b	30,9 » 50,0 »	1000	2,5	4	—	**6,5**	6,5	
16 a	31,2 » 48,5 »	2000	3	1,5	—	**4,5**	4,5	
IX 5 a	3,6 » 19,1 »	400	4	4	—	**8**	8	Guineastrom
13 -	7,8 S. 17,3 »	225	5	6,5	—	**11,5**	11,5	Südl. Aequatorialstrom
17 a	4,4 » 29,2 »	100	2	2,5	—	**4,5**	4,5	
17 a	4,4 » 29,2 »	40	1,5	1,5	—	**3**	3	
18 a	3,8 » 32,6 »	105	2	—	—	**2**	2	
19 b	2,4 » 36,4 »	400	6	3	—	**9**	9	
23 -	0,2 » 47,0 »	35	23	—	—	**23**	23	Küstenbank und Mündung des Rio Tocantins-Parà
24 -	0,7 » 48,2 »	12	54	—	—	**54**	54	
X 5 -	1,6 » 49,2 »	35	21	—	—	**21**	21	
5 -	1,6 » 49,2 »	23	5,5	—	—	**5,5**	5,5	
8 a	0,7 » 48,2 »	12	12	—	—	**12**	12	
8 b	0,3 » 47,4 »	23	13	—	—	**13**	13	Südl. Aequatorialstrom
9 - *)	0,4 N. 46,6 »	207	16,5	—	—	**16,5**	16,5	
27 -	37,7 » 25,2 »	37	2	1	—	**3**	3	Golfstrom
XI 2	49,7 » 5,8 »	94	4	—	—	**4**	4	Canal
4	52,9 » 3,6 O.	28	6	—	—	**6**	6	Nordsee

*) Starke Abtrift, daher die 207m nicht vertikal aus einer Tiefe von 207m sondern aus einer geringeren Tiefe schräg aufwärts gezogen.

TABELLE 5a.

Vergleichung der in den verschiedenen Stromgebieten in den oberen 200^{m} enthaltenen Klein-Planktonmengen.

Golfstrom	Irminger-See	Ostgrönlandstrom	Westgrönlandstrom	Labradorstrom	Floridastrom
9,5 · 6 · 7 ·	16 · 26 · 167 · 77,5 ·	×	162	5 · 15 · 4,5 · 2 · 5 ·	2,5 · 3 · 3,5 · 5 · 9 ·

Sargasso-See
5 · 3 · 7 | 3 · 4,5 · 2,5 · 2 · 2 · 3,5 · 2 · 5 · 2,5 · 6,5 · 4 · 2,5 · 3 · 4 · 2,5 · 3 | 3 · 4,5 · 4,5 · 3,5 · 3 · 5 · 2,5 · 1,5 ·

Kanarienstrom	Grenzgebiet	Guineastrom	Grenzgebiet
9 · 7 · 15,5 · 8,5 · 4 ·	16,5 ·	11 · 9,5 · 5 · 5,5 ·	15,5 ·

Süd-Aequatorialstrom
7,5 · 16,5 · 30,5 · 30 · 10,5 · 8 · 68 · 26 · 16 · 11,5 | 4 · 4 · 3 · 8 · 2 · 3 · 8 · 4 · 4 · 3,5 · 6 · 7,5 · 6,5 · 4 · 10 · 5 ·

Süd.-Aeq. St.	Guineastrom	Nord Aeq. St.	Sargasso-See	Golfstrom
8 ·	6 · 9,5 ·	12,5 · 14,5 ·	5 · 2 · 2 ·	3,5 · 2 · 15

TABELLE 5 b.

Süd-Aequatorialstrom.

	Grenzgebiet	Querschnitt Antarktisches Wasser				K. Insel					
Volumen	15,5	7,5	16,5	30,5	30	10,5	8	68	26	16	11,5
Temperatur	26,0	26,0	25,4	23,1	23,1	23,3	23,2	23,6	24,1	24,1	24,5

	Schräg-Längsschnitt. Tropenwasser										Brasil-Küsten Str.					
Volumen	4	4	3	8	2	3	8	4	4	3,5	6	7,5	6,5	4	10	5
Temperatur	21,3	25,0	24,5	24,8	25,2	25,8	25,5	25,9	26,3	26,1	26,1	26,5	26,6	26,7	27,1	27,1

TABELLE 6.

Berechnung des Fehlers der Fangmethode.

nach den von Hensen in der westl. Ostsee $18^{83}/_{84}$ gemachten Parallelfängen von 20^{m} Tiefe.

Fangvolumen = V =	13,5	12	104	108	97	112	240	69	180	87	155	152	125	130
Differ.^{m} Mittel in cc. = D =	± 0,75		± 2		± 7,5		± 85,5		± 16,5		± 1,5		± 2,5	
» » » % = % =	± 5,88		± 1,89		± 7,18		± 55,63		± 34,83		± 0,98		± 1,96	

V	160	120	3,4	3,7	10,4	10,0	11,8	6,8	2,1	2,0	4	7,5	5,5	14,5	11	13	4,5	4,25
D	± 20		± 0,15		± 0,2		± 2,5		± 0,05		± 1,75		± 4,5		± 1,0		± 0,12	
%	± 14,29		± 4,23		± 1,96		± 26,87		± 2,41		± 30,43		± 15,00		± 8,33		± 2,75	

V	4	4	7,9	8,0	9,5	13,5	7	8	82	88	95	11	11,25	9,5
D	0,0		± 0,05		± 2,0		± 1,0		— 6,33	— 0,33	+ 6,67	— 0,42	— 0,67	+ 1,08
%	0,00		± 0,63		± 17,39		± 13,33		— 7,17	— 0,37	+ 7,55	— 3,79	— 6,33	+ 10,21

V	8,5	8,0	6,0	9,0	10,5	7,0	10,5	11,0
D	— 0,31	— 0,81	— 2,81	+ 0,19	+ 1,69	— 1,81	+ 1,69	+ 2,19
%	— 3,52	— 9,19	— 31,88	+ 2,16	+ 19,18	— 20,51	+ 19,18	+ 21,85

Bezeichnet man mit [vv] die Summe der Fehlerquadrate, und mit n die Anzahl der Beobachtungen, so ist, wenn die Differenz am Mittel in % als Fehler angesehen wird, der mittlere Fehler $m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}$

$m = 19,_7$ %, der wahrscheinliche Fehler $r = m.\ 0,674 = 13,_3$ %, der durchschnittliche Fehler $= 12,_8$ %. Bei Eliminirung des fehlerhaften Fanges 69^{cc}. 240^{cc} wird der mittlere Fehler $16,_8$ %, der durchschnittliche Fehler $= 11,_2$ %.

TABELLE 7.

Bestimmung des Fehlers der Methode bei verkuppeltem Doppelnetz
nach den nordischen Kuppelnetzfängen der Plankton-Expedition.

Fangvolumen	11	14	11,5	15,5	11	10	21	22,5	36	35	241	208,5
Differenz am Mittel in cc.	± 1,5		± 0,5		± 0,5		± 0,75		± 0,5		± 16,25	
» » » » %	± 12,00		± 3,33		± 4,76		± 3,45		± 1,41		± 7,23	

Darnach ist der mittlere Fehler $m = \pm 6,_7\ \% = F''_m$

der wahrscheinliche Fehler $r = 4,_5\ \%$

der durchschnittliche Fehler $= 5,_1\ \%$.

TABELLE 8.

Bestimmung der Schwankungen der Planktongehalts $(V_1 + V_2)$ **in der Sargasso-See.**

a) die Sargasso-See in mittlerer Ausdehnung gerechnet von Station VIII 11 a — VIII 25 b.

Das Volumen der Fänge giebt Tabelle 3.
Zahl der Fänge = 24
Mittelwerth der Fänge = $3_{,333}^{cc}$.
Abweichungen vom Mittel in cc. $-1_{,83}$ $-1_{,33}$ $-1_{,33}$ $-1_{,33}$ $-0_{,83}$ $-0_{,83}$ $-0_{,83}$ $-0_{,83}$ $-0_{,83}$ $-0_{,33}$ $-0_{,33}$ $-0_{,33}$ $-0_{,33}$ $-0_{,33}$ $+0_{,17}$ $+0_{,17}$ $+0_{,67}$ $+0_{,67}$ $+1_{,17}$ $+1_{,17}$ $+1_{,17}$ $+1_{,67}$ $+1_{,67}$ $+3_{,17}$.

Die Abweichung vom Mittel als Fehler betrachtet giebt als
- durchschnittlichen Fehler = $1_{,0}^{cc}$ = $29_{,2}$ % vom Mittel
- mittleren Fehler m = $1_{,2}^{cc}$ = $36_{,4}$ % » »
- wahrscheinlichen Fehler r = $0_{,8}^{cc}$ = $24_{,5}$ % » »

Die Abweichungen vom Mittel sind zurückzuführen theils auf die Fehler der Methode F′, theils auf die wirklichen Schwankungen im Planktongehalt = S. Wenn der mittlere Fehler der Methode F'_m gesetzt wird = $19_{,7}$ %, so bleibt für die mittlere Schwankung im Planktongehalt $36_{,4} - 19_{,7} = 16_{,7}$ %.

b) die Sargasso-See in weiterer Ausdehnung gerechnet von Station VIII 5 a — VIII 25 b.

Zahl der Fänge 27
Mittelwerth der Fänge $3_{,519}^{cc}$
mittlerer Fehler jedes Fanges $\pm$ $1_{,4}^{cc}$ = $38_{,9}$ % vom Mittel
wahrscheinlicher Fehler jedes Fanges $\pm$ $0_{,9}^{cc}$ = $26_{,2}$ » » »
mittlere Schwankung = $38_{,9} - 19_{,7} = 19_{,2}$ » » »

TABELLE 9.

Bestimmung der **Schwankungen des Planktongehaltes im Südaequatorialstrom** (Längsschnitt).

von Station IX 14 a bis IX 22 a

Zahl der Fänge	= 16						
Mittelwerth der Fänge	= 5,16^{cc}						
Abweichungen vom Mittel;	— 3,16	— 2,16	— 2,16	— 1,66	— 1,16	— 1,16	— 1,16
	— 1,16	— 1,16	— 0,16	+ 0,84	+ 1,34	+ 2,34	+ 2,84
	+ 2,84	+ 4,84	cc.				

Der durchschnittliche Fehler	= $1,_9^{ccc}$	= $36,_5$ %	vom Mittel
der mittlere Fehler	= $2,_3$	= $43,_7$ %	» »
der wahrscheinliche Fehler	= $1,_5$	= $29,_5$ %	» »
die mittlere Schwankung	= $43,_7$ — $19,_7$	= $24,_0$ %	» »

II Verticale Verbreitung.

TABELLE 10.

Stufenfänge mit dem Hensenschen Schliessnetz.

I	II		III	I	II		III
STATION	SCHLIESSNETZ		PL. NETZ 200^m	STATION	SCHLIESSNETZ		PL. NETZ 200^m
	TIEFE	vol.	vol.		TIEFE	vol.	vol.
VIII 3 a	0-200	3, 3	3	VIII 20 a	800-1000	+	2,5
IX 4 b	200-400	+	5	IX 3 a	» »	+	11
VIII 25 b	» »	+	1,5	VII 22 a	» »	+	16,2
VIII 4 a	300-500	1, 5	5,5	VIII 12	900-1100	+	2,5
VIII 23 b	400-600	+	5	IX 4 a	1000-1200	+	9,5
VIII 3 b	» »	+	3,5	VIII 14 b/a	» »	+	2
VIII 17,a	450-650	+	2,5	VIII 18 a	1300-1500	+	4,5
IX 5 a	» »	+	5,5	VIII 19 a	» »	+	3
VIII 11 a	500-700	+	3	IX 5 b	» »	+	22,5
IX 6 b	» »	+	16,5	VIII 22 a	1500-1700	+	4,5
VIII 25 b	600-800	+	1,5	VII 29 a	1800-2000	+	5
IX 10 a	» »	+	16	VIII 19 b	» »	+	4
IX 18 b	» »	+	3,5	VIII 22 b	2000-2200	+	3,5
VIII 17 b	650-850	+	6,5	VIII 23 a	2800-3000	+	3
VIII 11 b	700-900	+	4,5	X 20	3250-3450	+	2
IX 5 a	» »	+	5,5				

[1]) Rubrik I giebt den Ort des Fanges, II den Schliessnetzfang. + bedeutet, dass Material gefangen wurde aber in so geringer Menge, dass das Volumen nicht mehr genau bestimmbar war. Wenn das Volumen geringer als 0,5^{cc} war, so wurde es mit + bezeichnet. III giebt die mit dem Planktonnetz an derselben Stelle in den oberen 200^m gefangenen Planktonmengen.

TABELLE 11.

Stufenfänge mit dem Hensenschen Planktonnetz.

STATION	STUFENFANG		Vergleichsfang von 200m Tiefe
	TIEFE	VOLUM	
IX 17 a	0-100m	4,5 cc	8 cc
IX 18 a	0-105	2	4,5
IX 5 a	0-400	8	5,5
IX 19 b	0-400	9	7,5
VIII 14 a	0-600	3,5	2
VIII 15 a/b	0-1000	6,5	3,5
VIII 16 a	0-2000	4,5	2,0

TABELLE 12.

Verhältniss des Planktongehalts verschieden tiefer Schichten.

(berechnet aus Tab. 11.) — (das Volumen des Fanges von 0-200^{m} Tiefe = 1 gesetzt.)

a) Schichten verschiedener Tiefe von der Oberfläche an gerechnet.

Tiefe :	0-100	0-200	0-400	0-600	0-1000	0-2000
Volumen :	$0,_{50}$	$1,_{00}$	$1,_{33}$	$1,_{75}$	$1,_{86}$	$2,_{25}$

b) Schichten aus verschiedener Tiefe.

Tiefe :	0-200	200-400	400-600	600-1000	1000-2000
Volumen der ganzen Schicht :	$1,_{00}$	$0,_{33}$	$0,_{42}$	$0,_{11}$	$0,_{39}$
» von je 200 m. der Schicht :	**$1,_{00}$**	**$0,_{33}$**	**$0,_{42}$**	**$0,_{06}$**	**$0,_{08}$**

B. Untersuchungen im Golf vom Neapel.

III. Einfluss der Zeit.

TABELLE 13.

1. Quantitative Fänge.

Anwendung des Hensenschen Planktonnetzes mit dem Dampfer « Johannes Müller ».

ZEIT	TIEFE	Volumen	ZEIT	TIEFE	Volumen
23 X 1888	20^{m}	0,75^{cc}	9 I 1889	20^{m}	1,25^{cc}
	20	0,75		20	1,75
	50	1,5		50	1,5
				50	1,5
	20	1		100	2
	50	1,3		20	0,8
	100	2	15 II 1889	20	1
	200	2,8		20	1
	450	3,3		50	1
5 XII 1888	20	22,75		100	1,5
	20	23,25	8 III 1889	20	1
				20	1
				50	1
				100	1,5

Berechnung des Fehlers der Methode nach den Doppelfängen aus gleicher Tiefe ergiebt als

mittleren Fehler $= 7,_1$ %
wahrscheinlichen Fehler $= 4,_8$ %

TABELLE 14.

2. Relative Fänge.

Anwendung des Oberflächennetzes vom Ruderboot aus.

a) Gefundene Werthe.

Monat:	November 1888											
Tag:	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	29	30
Volumen:	2,5	5	2,6	9	7,5	6,5	2,5	8	14	13	5	9

Monat:	Dezember															
Tag:	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	16	17	18+19	21+22	29	30
Volumen:	5	9	5	6	6	3,5	4	4	4,5	4	4	3,5	4	3,5	3	5

Monat:	Januar 1889							
Tag:	7	8	9	11	12	14	20	26
Volumen:	1	0,5	0,9	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4

Monat:	Februar						März
Tag:	1	13+14	15	18	21	23	11
Volumen:	0,4	0,3	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4

Dauer jedes Fanges = 40 Minuten; ausgenommen 21 Nov. = 30 Min. und 1 Febr. — — 11 März = 2 × 40 Min.

TABELLE 15.

b) Reduction der Oberflächenfänge auf gleiche Fangzeit (40 Minuten).

Monat.	Oct.	November 1888												
Tag:	23	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Volumen:	*0,2*	2,5	5	2,6	12	7,5	6,5	2,5	8	*11*	14	13	5	9
Differenz:			+2,5	−2,4	+9,1	−4,5	−1,0	−4,0	+5,5	+3	+3	−1	−8	+4

Monat:	Dezember																		
Tag:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	16	17	18+19		21+22		29	30
Volumen:	*7*	5	9	5	6	6	3,5	4	4	4,5	4	4	3,5	*2*	*2*	*1,8*	*1,8*	3	5
Differ.:	−2	−2	+4	−4	+1	0	−2,5	+0,5	0	+0,5	−0,5	0	−0,5	−1,5	0	−0,2	0	+1,2	+2

Monat:	Januar 1889							
Tag:	7	8	9	11	12	14	20	26
Volumen:	1	0,5	0,9	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
Differenz:	−4	−0,5	+0,4	−0,4	0	−0,1	+0,1	−0,1

Monat:	Februar							März
Tag:	1	13	+ 14	15	18	21	23	11
Volumen:	0,2	*0,1*	*0,1*	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2
Differenz:	−0,2	−0,1	0	0	+0,1	+0,1	−0,1	0

Anm. Am 26 XI und 1 XII 1888 sind Lüken in der Fangserie durch Interpolation ergänzt, am $\frac{18}{19}$ XII, $\frac{21}{22}$ XII 1888 und $\frac{13}{14}$ II 1889 sind die Volumina, die von je 2 Tagen gemeinschaftlich gemessen wurden, zu gleichen Theilen auf die beiden Tage vertheilt. Der Fang von 23 October ist berechnet aus dem Verticalnetzfang dieses Tages. Alle diese Werthe sind durch Cursiv-Druck gekennzeichnet.

TABELLE 16.

Vergleichung der quantitativen und relativen Fänge.

Quantitativ = Verticalnetzzug mit Hensenschem Netz [20 — 0 m tief]
Relativ = Oberflächennetz-Horizontalzug von 40 Minuten Fangzeit.

ZEIT	QUANTITATIV		RELATIV		
	GEFUNDEN	BERECHNET	GEFUNDEN	BERECHNET	DIFFERENZ
	cc.	cc.	cc.	cc.	cc.
23 X 1888	0,75	—	—	0,2	—
27 XI	—	53,7	14	—	—
5 XII	23	23	6	6	0 [1]
9 I 1889	1,5	—	0,9	0,4	0,5
8/9 I	1,5	—	0,5	0,4	0,1
15 II	1	—	0,1	0,3	0,2
8/11 III	1	—	0,2	0,3	0,1

[1]) Das Verhältniss vom 5 XII ist bei der Vergleichung als Norm angenommen.

Tafelerklärung.

Die Karte stellt den Nordatlantischen Ocean mit der Route der Planktonexpedition von 1889 dar.

Die Zahlen neben der Fahrtlinie bezeichnen die Stationen der Planktonfänge. Die Stationsbezeichnung giebt zugleich das Datum des Fanges an; z. B. bedeutet VII 20 a die erste Fangstation des 20 Juli, VII 20 b die zweite Station desselben Tages. Die Monatsbezeichnung wurde nur bei der ersten Station jedes Monats angegeben.

Die Ordinaten auf der Fahrtlinie geben das Rohvolumen an Kleinplankton des an der betreffenden Stelle gemachten quantitativen Planktonfanges. 1 ^{mm} = 2,3^{cc} entnommen aus einer verticalen Wassersäule von 0,1 q^{m} Querschnitt.

Die Enden der benachbarten Ordinaten sind der bequemeren Interpolation wegen miteinander verbunden. Die mit blauer Farbe ausgefüllte Interpolations-Kurve bezieht sich nur auf Fänge von 200 m. Tiefe. Fänge von anderer Tiefe wurden nicht mit blauer Farbe markirt. Es sind dies: VII 29 b = Fang von 300 ^{m} Tiefe; VII 20 a — 25 a = Fänge von 400 ^{m} Tiefe. Die den letzteren entsprechende Kurve für 200 ^{m} Tiefe ist nicht durch direkte Messung sondern durch Reduction der Fänge von 400 ^{m} Tiefe gewonnen worden.

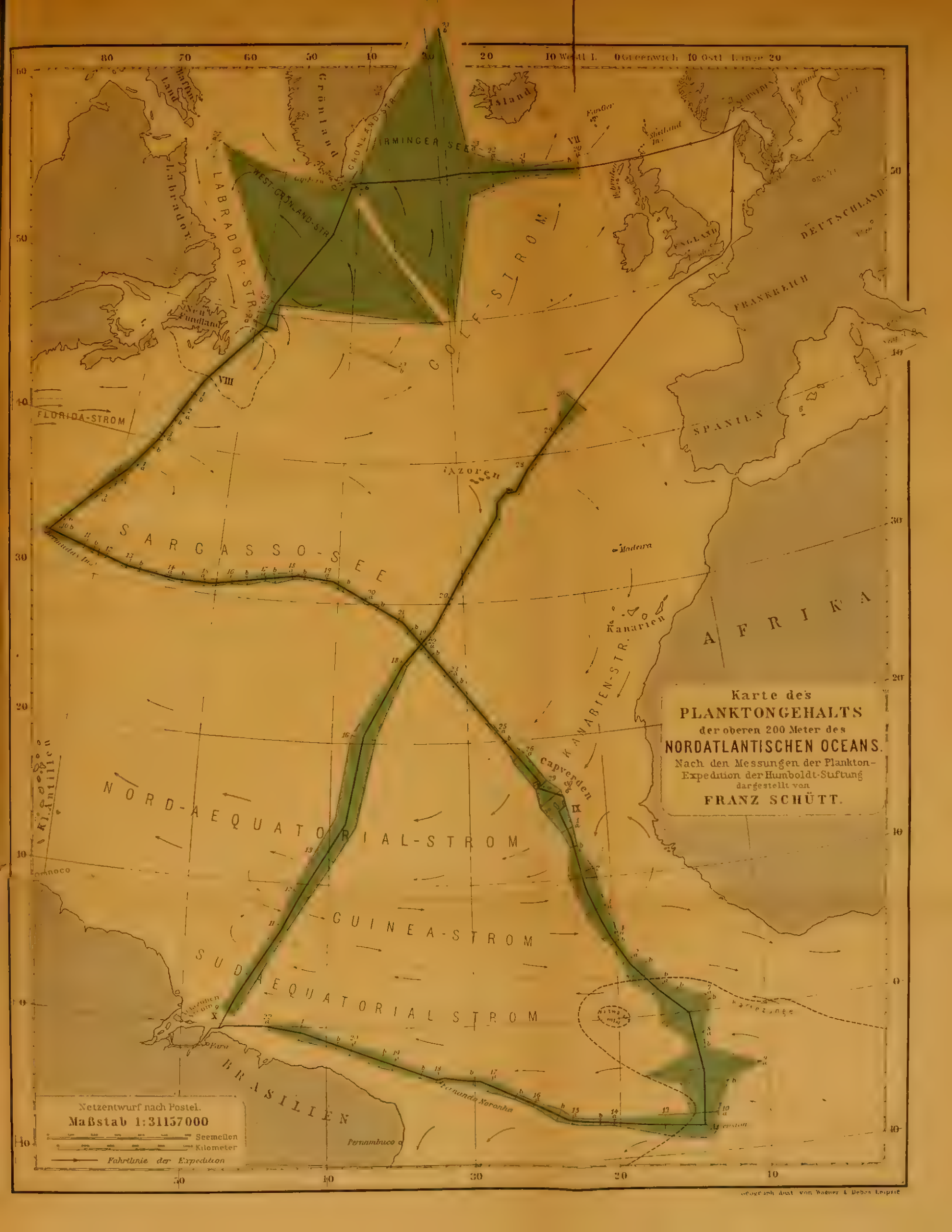
Die gestrichelten Theile der Interpolationskurve sind unsicher, weil für die entsprechenden Strecken quantitative Fänge von 200 ^{m} Tiefe fehlen.

Die Pfeile bezeichnen die Richtung der Meeresströmungen, die punktirten Linien die Grenzen derselben.

Netzentwurf der Karte nach Postel: die Projection gestattet die Entfernungen auf der Karte direkt zu messen. Massstab 1:31,157,000.

(Estratto dalla **NEPTUNIA** Rivista mensile per gli studi di Scienza pura
ed applicata sul mare e suoi organismi 1892)

Venezia, Tip. Fratelli Visentini


Karte des
PLANKTONGEHALTS
der oberen 200 Meter des
NORDATLANTISCHEN OCEANS.
Nach den Messungen der Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung
dargestellt von
FRANZ SCHÜTT.
Netzentwurf nach Postel.
Maßstab 1:31157000
Seemeilen
Kilometer
Fahrtlinie der Expedition
Grönland
Island
IRMINGER SEE
GRÖNLAND-STR.
WEST-GRÖNLAND-STR.
LABRADOR-STR.
Labrador
Neu Fundland
GOLF-STROM
FLORIDA-STROM
SARGASSO-SEE
Azoren
Madeira
Kanarien
KANARIEN-STR.
Capverden
AFRIKA
SPANIEN
FRANKREICH
DEUTSCHLAND
ENGLAND
Kl. Antillen
NORD-AEQUATORIAL-STROM
GUINEA-STROM
SÜD-AEQUATORIAL STROM
BRASILIEN
Pernambuco
Fernando Noronha
Orinoco
Para
10 West L.
0 Greenwich
10 Östl. Länge 20



NEPTUNIA

Monatsschrift

gewidmet der theoretischen und pratischen

Wissenchaft des Meeres und seiner Organismen

und

Archiv für Algologie (Notarisia)

Redacteur: Dr. DAVID LEVI-MORENOS

Die Neptunia umfasst:

1) Originalarbeiten über das Meer, seine Erscheinungen, seine Fauna und Flora. — 2) Auszüge und populäre Belehrungen. — 3) Praktische Notizen über Austern-, Miessmuchel-, Fisch-Cultur, Krankheiten der Fische etc. — 4) Bericht über marine und binnenseeische Laboratorien, Institute und Versuchsstationen; Notizen über die in ihnen ausgeführten Arbeiten. — 5) Bericht über die oceanographischen Forschungsreisen der italienischen und ausländischen Marine und Privatunternehmungen. — 6. Technische Notizen, Methodik des physikalischen und biologischen Meeresstudiums. — 7. Kritiken. — 8. Litteraturbericht etc.

Lavori originali

INDICE DEL VOLUME I.

Stazioni, Istituti, Laboratori Marini

Spedizioni e Campagne Oceanografiche

Note di tecnica

Notizie, appunti e recensioni critiche

Recensioni: *Fisica del Mare.*

Recensioni: *Biologia Marina.*

A. *Lavori d'indole botanica.*

B. *Lavori d'indole Zoologica.*

Notizie varie

Direzione ed amministrazione della Neptunia: *S. Stefano*, 3536.

Prezzo d'Associazione annua:

Per l'Italia It. L. **20** — Per l'estero (Unione postale) It. L. **25.**



Druck von A. Hopfer in Burg b. M.



